

SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA
PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN EL LABORATORIO DE IDIME S.A.

AUTOR

JUAN FELIPE BARRANTES ALBARRACÍN

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2017

SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA
PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN EL LABORATORIO DE IDIME S.A.

AUTOR

JUAN FELIPE BARRANTES ALBARRACÍN

CÓD: 062091065

DIRECTOR

EDGAR LEONARDO DUARTE FORERO

INGENIERO INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2017

HOJA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado **SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN EL LABORATORIO DE IDIME S.A.**, realizado por el estudiante **JUAN FELIPE BARRANTES A.** con Código: **062091065**, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar el título de Ingeniero Industrial.

Firma del Director

Firma del Jurado N°1

Firma del Jurado N°2

Bogotá, septiembre de 2017

DEDICATORIA

Quiero dedicar a quienes me han acompañado en todo este largo camino de formación que es mi familia, docentes y compañeros; más es el sentimiento de gratitud principalmente a las dos mujeres Sulma Albarracín y Gloria Flórez que están siempre en mi proceso educativo y en mi vida, por su apoyo moral, sus consejos y valores.

Finalmente agradezco a todo el personal docente de la Universidad Libre Sede Bosque Popular.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y mis dos madres.

A los colaboradores del Laboratorito Clínico de IDIME S.A, a la doctora Lida González Bolívar, por su gran ayuda y confianza, y por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto.

Agradezco la colaboración y apoyo que recibí por parte del ingeniero Edgar Duarte Forero, por guiarme en este proceso educativo, desarrollo de este documento y por tener la completa confianza que esto llegaría a su culminación.

A la Universidad Libre, por brindarme el privilegio de crecer como persona y futuro profesional.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de desarrollar un sistema productivo que integre la planeación, programación y control de la prestación de servicios en el Laboratorio Clínico de Idime S.A. en la ciudad de Bogotá con el fin de minimizar el lead time de las muestras procesadas, contribuyendo al cumplimiento en los tiempos pactados con los clientes o usuarios. Con este proyecto se busca un sistema que se adapte al laboratorio clínico, siendo una unidad de apoyo diagnóstico en el sector salud, que puede ser estudiada como un sistema que tiene insumos y mediante diferentes fases de un proceso, trabajado con un JOB SHOP, y cuya deficiencia son los reprocesos.

Para lograr este propósito, se desarrollaron cinco objetivos específicos. En el primero se realizó un diagnóstico inicial del Laboratorio Clínico de IDIME S.A, identificando aquellos puntos críticos que afecten el cumplimiento de los tiempos de servicio al cliente. En el segundo objetivo se caracterizaron los procesos del servicio de análisis de muestras del Laboratorio identificando insumos, actores, medios tecnológicos y productos, entre otros, por medio de flujogramas, análisis de tiempos, diagramas y demás herramientas de ingeniería. En el tercer objetivo se desarrolló el sistema de planeación, programación y control, utilizando las herramientas y parámetros que permitan la reducción de tiempos acordes al Laboratorio Clínico. Los pronósticos son desarrollados con la producción histórica, información que sirve para realizar el plan agregado. Después se construye la programación con la maquinaria disponible, tiempos de operación, demanda diaria, entre otros, teniendo como resultado la secuenciación. Para controlar la producción se utiliza el *makespan* y se comprueba a través de las demoras, obteniendo así planes de mejora y ajustes para los pronósticos.

En el cuarto objetivo se valida el funcionamiento del sistema actual por medio de la simulación. Después de hacer esta validación, se realiza propuesta de mejora al sistema actual mediante el software Simio, evaluando cada actor y recurso que interviene. En el último objetivo, se establecen las ventajas estratégicas y financieras para la eventual implementación del sistema propuesto en el Laboratorio clínico.

Palabras claves: sistema, laboratorio clínico, producción, programación, planeación.

ABSTRACT

The following written work was accomplished with the objective of develop a productive system that integrates the planning control and provision of services at IDIME S.A clinical laboratory (In Bogota city) All of the above has the purpose of minimize the "Lead time" of the process samples helping to the fulfillment agreed with the customers.

This project looking for a system who can be adapted to the clinical laboratory, becoming in a diagnosis support unite that can be studying like a system that has inputs and through different phases of a process, worked with a JOB SHOP, and whose deficiency is reprocessing.

To reach that project, five specific targets were developed. In first place, there was realized an initial diagnosis of the IDIME S.A Clinical Laboratory, identifying those critical points that affect the performance of customer service items. In the second target the processes were characterized by analysis services of samples of the Laboratory identifying inputs, actors, technological means and products, between others, by means of flowcharts, analysis of times, diagrams and other hardware of engineering. In the third target there developed the system of planeation, programming and control, using hardware and parameters that allow the reduction of identical times to Clinical laboratory. The prognoses are developed by the historical production, information that serves to realize the aggregate plan. Later it is constructed programming with the available machinery, times of operation, demand daily, between others, having like turned out the sequence. To can control the production is used the make spam and is verified across the delays, obtaining this way plans of progress and adjustments for the prognoses. In the objective number fourth the operation of the real system is evaluated by the simulation. After of that validation, it carry out the current system using the Simio software, evaluating each actor and resource that In the latter objective, the strategic and for the eventual implementation of the system proposed in the Clinical laboratory.

Key words: System, Clinical laboratory, production, programming, planning,

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
JUSTIFICACIÓN	18
1 GENERALIDADES	20
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 Formulación del problema	25
1.3 Objetivo general	25
1.4 Objetivos específicos	25
1.5 Delimitación del proyecto	26
1.6 Marco metodológico	27
1.6.1 Tipo de investigación	27
1.6.2 Marco legal y normativo	31
1.7 MARCO REFERENCIAL	32
1.7.1 Antecedentes	32
1.7.2 Antecedentes de investigación en la academia	33
1.8 Marco teórico	36
1.8.1 Planeación de la Producción	37
1.8.2 Pronósticos	38
1.8.3 El Estudio del Trabajo	40
1.8.4 Medición del Trabajo	41
1.8.5 Programación de la producción	42
1.8.6 Programación y Secuenciación	43
1.8.7 Fabricación JOB – SHOP	46
1.8.8 Control de la Producción	46
1.8.9 Simulación	47
1.8.10 Indicadores de Gestión	49
1.9 Marco conceptual	50
2 Desarrollo del proyecto	58
2.1 Diagnóstico de la empresa	58
2.2 Estructura organizacional	59
2.3 Estructura Laboratorio Clínico	59
2.3.1 Pruebas procesadas en el laboratorio clínico	63
2.3.2 Proceso laboratorio clínico – áreas de química y hormonas	66
2.3.3 Fase Preanalítica.	68
2.3.4 Fase analítica.	71
2.3.5 Fase Postanalítica	73
2.3.6 Turnos de trabajo	73
2.3.7 Equipos Laboratorio	74

2.3.8	Mantenimiento Equipos	77
2.3.9	Distribución de planta	78
2.3.10	Análisis DOFA	80
2.3.11	Caracterización del proceso de prestación del servicio en el área de química – hormonas	82
2.3.12	Identificación de las operaciones y recursos	82
2.3.13	Diagrama de Hilos	84
2.3.14	Estudio de tiempos	85
2.3.15	Sistema actual de control de inventarios	92
2.2.16	Sistema de planeación, programación y control de prestación del servicio.	95
2.4	Pronósticos	96
2.4.1	Promedio Móvil simple.	98
2.4.2	Promedio móvil ponderado.	99
2.4.3	Suavización exponencial.	101
2.4.4	Elección del método de pronóstico para cada proceso.	102
2.5	Planeación Agregada	104
2.6	Programación	112
2.7	Control de la prestación del servicio	114
2.8	Simulación actual	119
2.8.1	Variables.	119
2.8.2	Entidades.	124
2.8.3	Rutas (Paths).	124
2.8.4	Trabajadores (Workers).	125
2.8.5	Servidores (Server).	125
2.9	Validación del modelo	127
2.9.1	Prueba de hipótesis en el área “Química”	127
2.9.2	Prueba de hipótesis en el área de “Hormonas”	128
2.9.3	Prueba de hipótesis para el área de “Química – Hormonas”	128
2.9.4	Prueba de hipótesis para el Lead time (Tiempo de procesamiento).	128
2.9.5	Escenarios de Mejoramiento Posibles.	130
2.9.6	Propuesta 1 Eliminación de la validación	130
2.9.7	Propuesta 2 Eliminación de la firma.	132
2.10	Evaluación financiera.	133
2.10.1	Flujo de caja.	133
	CONCLUSIONES	137
	RECOMENDACIONES	139
	BIBLIOGRAFÍA	140
	CIBERGRAFÍA	142

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de pruebas diagnósticos realizadas en el laboratorio clínico	21
Tabla 2. Métodos según el horizonte de tiempos	39
Tabla 3. Programación en los tres niveles de planeación agregada y desagregación.	43
Tabla 4. Pruebas, código Interno y código Cups	63
Tabla 5. Horarios área de procesamiento	73
Tabla 6. Número de personas área de procesamiento	74
Tabla 7. Mantenimiento equipos Inmunoquímica	78
Tabla 8. Matriz DOFA	81
Tabla 9. Proceso de análisis de muestras de laboratorio	83
Tabla 10. Suplementos	86
Tabla 11. Toma de tiempos y número de observaciones	88
Tabla 12. Diagrama de Proceso	89
Tabla 13. Tiempo Normal de la operación en minutos	90
Tabla 14. Tiempo estándar	91
Tabla 15. Promedio móvil simple (2 periodos) Química	98
Tabla 16. Promedio móvil ponderado (2 periodos) Química	100
Tabla 17. Suavización Exponencial (2 periodos) Química	101
Tabla 18. Comparativo Medidas de Desempeño de los exámenes	103
Tabla 19. Demanda pronosticada para el año 2 con base en el método móvil simple	103
Tabla 20. Datos Plan de producción	104
Tabla 21. Plan agregado Alternativa de caza – Química	106
Tabla 22. Plan agregado Alternativa nivelación mano de obra - Química	108
Tabla 23. Plan agregado. Alternativa de Caza mejorada - Química	110
Tabla 24. Reglas secuenciación	112
Tabla 25. Resultados Secuenciación	113
Tabla 26. Indicadores para el control del proceso	115
Tabla 27. Ficha técnica indicador Lead time promedio	117
Tabla 28. Ficha técnica Porcentaje de resultados entregados oportunamente	118
Tabla 29. Variables del proceso	119
Tabla 30. Arribos de lotes de muestras por hora	121
Tabla 31. Datos de la hipótesis unidades producidas (mes)	127
Tabla 32. Datos de la hipótesis para el lead time (tipo de muestra)	129
Tabla 33. Resultados prueba hipótesis tipos de muestra	129
Tabla 34. Resultados del lead time en el sistema por tipo de muestra	131
Tabla 35. Resultados unidades terminadas por área	131
Tabla 36. Reducción de tiempos de la propuesta (%)	131
Tabla 37. Resultados tiempo promedio en el sistema por tipo de muestra	132
Tabla 38. Resultados unidades terminadas por área	133
Tabla 39. Reducción de tiempos de la propuesta (%)	133
Tabla 40. Costos de la implementación	134
Tabla 41. Costos de no calidad	134

Tabla 42. Utilidad del proyecto	135
Tabla 43. Flujo de caja	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama causa y efecto, componentes de análisis del proyecto.	24
Figura 2. Organigrama Laboratorio Clínico	62
Figura 3. Distribución de planta Laboratorio Clínico IDIME S.A.	79
Figura 4. Distribución administración laboratorio IDIME S.A	80
Figura 5. Diagrama de Hilos	85
Figura 6. Formato de Kardex o control de existencias	94
Figura 7. Esquema laboratorio clínico Central Actual (Rutina)	119
Figura 8. Stat Fit Proceso preanalítica 1	123
Figura 9. Entidades del sistema	124
Figura 10. Paths del sistema	124
Figura 11. Time Paths del sistema	125
Figura 12. Trabajadores del sistema	125
Figura 13 Servidores del sistema	125
Figura 14. Esquema laboratorio clínico Central Sin validación (Rutina)	130
Figura 15. Esquema laboratorio clínico Central Sin Firma (Rutina)	132

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Central Laboratorio Clínico en Bogotá	21
Imagen 2 Tubos con muestra	22
Imagen 3 Ubicación Idime S.A. Sede Lago	26
Imagen 4. Analizador Preamanalítica	75
Imagen 5. Analizador Hormonas	76
Imagen 6. Analizador Química	76
Imagen 7. Analizador Inmunoquímica	77

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Proceso de planificación y control de la producción	38
Diagrama 2 Estudio del trabajo	41
Diagrama 3 Formas de estudiar un sistema	48
Diagrama 4 Flujo de trabajo LIS	54
Diagrama 5. Proceso General del Laboratorio Clínico	55
Diagrama 6. Organigrama Funcional IDIME S.A.	61
Diagrama 7. Ruta de procesamiento del análisis de muestras	67
Diagrama 8. Fase Preanalítica	69
Diagrama 9. Fase analítica	72
Diagrama 10. Sistema de inventarios Laboratorio	92
Diagrama 11. Sistema de planeación, programación y control en la prestación de los servicios en el laboratorio clínico	95

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Número de ciclos en un estudio de tiempos	42
Fórmula 2. Tamaño de la muestra	87
Fórmula 3. Lead time promedio	115
Fórmula 4. Porcentaje de resultados entregados oportunamente	115

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Pronósticos

ANEXO B. Planeación agregada.

ANEXO C. Planos.

ANEXO D. Simulación.

ANEXO E. Sistema de P P y C Idime S.A. (Excel).

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la salud hace parte de los derechos universales por lo que tiene gran importancia la prestación de servicios con calidad para poder satisfacer las necesidades de los usuarios o clientes, quienes solicitan y esperan un servicio oportuno, efectivo, sin mayores demoras, buen trato y sobre todo profesionalismo.

Un laboratorio puede ser estudiado como un subsistema el cual tiene insumos, realizando una recepción, el análisis y su respectiva validación, ofreciendo un producto que está conformado por muestras biológicas. Lo anterior, permite a los demás actores utilizarlo como insumo para dar un diagnóstico a un usuario o cliente. Al encontrarse inmerso con otras dependencias tanto internas como externas, es mucho más complejo el proceso, por esto es necesario planear, programar y controlar todo el proceso para asegurar la entrega oportuna de los resultados.

Este proyecto tiene como propósito elaborar un sistema de planeación, programación y control en la prestación de los servicios del laboratorio clínico de IDIME S.A. con el fin de mejorar la oportunidad en la entrega de los resultados, a través de las herramientas que ofrece la ingeniería. Para lograr este propósito se desarrollaron los siguientes objetivos:

- Realizar un diagnóstico inicial del Laboratorio Clínico de IDIME S.A, identificando aquellos puntos críticos que afecten el cumplimiento de los tiempos de servicio al cliente.
- Caracterizar los procesos del servicio de análisis de muestras del Laboratorio identificando insumos, actores, medios tecnológicos y productos, entre otros.
- Desarrollar el sistema de planeación, programación y control, utilizando las herramientas y parámetros que permitan la reducción de tiempos acordes al Laboratorio Clínico.
- Validar el funcionamiento del sistema propuesto por medio de la simulación.
- Establecer las ventajas estratégicas y financieras para la eventual implementación del sistema propuesto en el Laboratorio.

Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones que hacen un llamado al área operativa y gerencial de la compañía a mejorar y reforzar el sistema actual con el fin de mejorar sus niveles de oportunidad en la entrega de los resultados.

JUSTIFICACIÓN

Con la necesidad de ampliación de cobertura, los sistemas de salud se han visto en la necesidad de reducir el tiempo de consulta y por ello solicitan exámenes de laboratorio clínico que arrojen resultados como una herramienta que oriente el diagnóstico.

En el laboratorio clínico, se hacen importantes tanto la reducción del tiempo de entrega como la calidad y eficiencia de los procesos internos. Ello radica en que pueden marcar la diferencia entre la vida y la muerte de un paciente y a su vez la supervivencia de la organización.

Teniendo en cuenta que el objetivo de un Laboratorio clínico es brindar apoyo a la medicina, la investigación y servir a la comunidad, aspectos organizacionales como la estandarización de procesos, el uso de herramientas tecnológicas, normas, y protocolos eficientes que puedan garantizar un servicio confiable y eficiente constituyen actualmente un fin necesario.

En la última publicación del Ministerio de Salud y Protección Social por medio del Observatorio de calidad de la atención en Salud, se dan a conocer el número de laboratorios clínicos registrados actualmente en Colombia. Actualmente existen 4497 laboratorios, apenas el 1% de ellos son acreditados siendo así que en Bogotá hay inscritos 593 ante el Ministerio de Salud y 822 con las poblaciones de Cundinamarca (MINSALUD, 2014).

IDIME S.A. con sede principal en Bogotá, con una trayectoria de 24 años en la prestación de Servicios Diagnósticos, 18 sedes propias y presencia de Laboratorio Clínico en las sedes de Occidente, Norte, Soacha, Zipaquirá, Comuneros, entre otras, cuenta con un recurso humano idóneo y una infraestructura tecnológica en constante desarrollo.

Es evidente el crecimiento y el aumento de clientes y así mismo de muestras procesadas, de manera tal que se ve la importancia de que IDIME S.A. utilice una herramienta técnica en la administración de las operaciones y así trabajar por un objetivo social de una forma eficiente hacia el mejoramiento del sistema de salud. Es necesario implementar mejoras continuas en la prestación de servicios de análisis de muestras con el fin de evitar demoras en la entrega de resultados, cuellos de botella en los procesos, y extravío de las muestras por omitir algún proceso.

Para lograr el cumplimiento de lo planteado, se hace uso de técnicas de investigación y herramientas de ingeniería industrial que son aplicados a los sistemas de producción como lo son la simulación, modelos ajustados, entre otros, con el fin de encontrar mejoras al proceso que vayan de la mano con los objetivos de la empresa y que sean aplicables en la toma de decisiones del Laboratorio en IDIME S.A.

En caso de que IDIME no ejecute acciones de mejora en la gestión de sus operaciones, la empresa no podrá sostener su rentabilidad y perderá

competitividad, lo cual la desvirtúa como un referente en términos de calidad en la prestación del servicio a usuarios del sistema de salud en Colombia.

1 GENERALIDADES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En esta sección se presentará a la empresa en la cual se desarrolló el proyecto, especificando su naturaleza, servicios y problemáticas.

IDIME S.A., inicia su operación en 1989 prestando los servicios de Tomografía axial computarizada y resonancia magnética las 24 horas del día en Bogotá. En 1993 decide ampliar su portafolio de servicios abriendo su Laboratorio Clínico. El Laboratorio está conformado por un grupo humano que cuenta con tecnología robótica en las secciones de Química y Hormonas, soportados con un software con conexión on-line con las otras sedes. Por lo anterior, en 2012 se amplía el horario de atención a 24 horas al día en la ciudad de Bogotá. IDIME S.A. es catalogada como una de las empresas líderes en el mercado de la Salud y específicamente en servicios diagnósticos que en 24 años ha consolidado una imagen de servicio y eficiencia a través de un amplio portafolio de servicios diagnósticos; respaldada con la certificación en calidad ISO 9001 – 2008 otorgada por ICONTEC (IDIME, 2014).

IDIME S.A., cuenta con 18 sedes propias con más de 2000 empleados, con presencia de Laboratorio Clínico en las sedes de Occidente, Norte, Soacha, Zipaquirá, Comuneros, entre otras. La central de procesamiento del Laboratorio Clínico está ubicada en la Calle 76 # 13 – 46 (Lago) en Bogotá donde laboran más de 80 empleados, siendo ésta la sede en la cual se desarrolló el proyecto (Ver Imagen 1).

Imagen 1. Central Laboratorio Clínico en Bogotá



Fuente: Autor del proyecto basado en fotografías tomadas en el Laboratorio Clínico en Bogotá en septiembre de 2014

El laboratorio clínico ofrece una gran cantidad de pruebas diagnósticas, en la Tabla 1 se muestran algunas de ellas.

Tabla 1. Resumen de pruebas diagnósticos realizadas en el laboratorio clínico

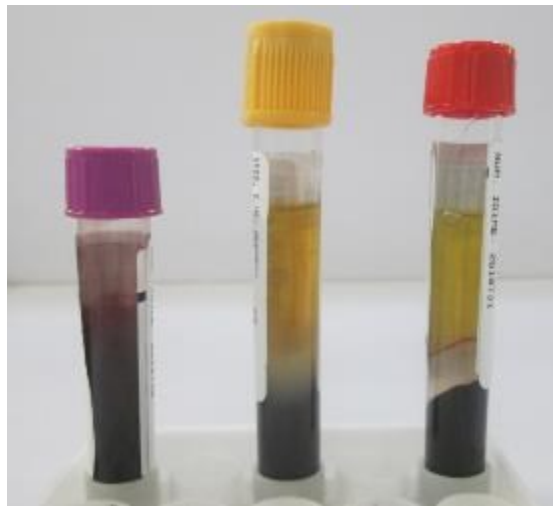
Glicemia	Fósforo
Perfil Lipídico	Potasio
Creatinina	Calcio
Transas GOT, GPT	Cortisol
Fosfatasa Alcalina	Hepatitis B,C
Testosterona	Bilirrubina
Hormona estimulante de la Tiroides (TSH)	Alfa Fetoproteína (AFP)
Tiroxina Libre, Total	Estradiol
Triyodotironina libre, total	Prolactina
Hormona Luteinizante	Progesterona
Hormona Folículo Estimulante	Testosterona
Hormona Paratoidea	Gonadotropina Humana (Beta) Coriónica

Toxoplasma IGM	Ferritina
Ácido Fólico	Vitamina B12
Nitrógeno Ureico Bun	

Fuente: Maribel Pinzón, Coordinadora de Calidad.

En el proceso de análisis de muestras, una vez éstas han sido tomadas del paciente, el material es procesado y almacenado en recipientes o tubos (ver Imagen 2).

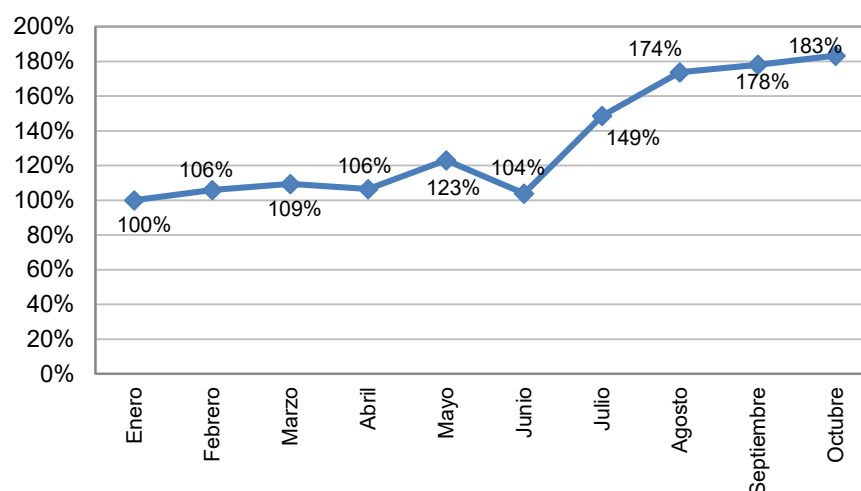
Imagen 2. Tubos con muestra



Fuente: Autor del proyecto basado en fotografías tomadas en el Laboratorio Clínico en Bogotá en septiembre de 2014

Debido al incremento de clientes, se aumenta considerablemente el número de pruebas procesadas (ver Gráfica 1).

Gráfica 1. Crecimiento mensual porcentual de pruebas procesadas 2014

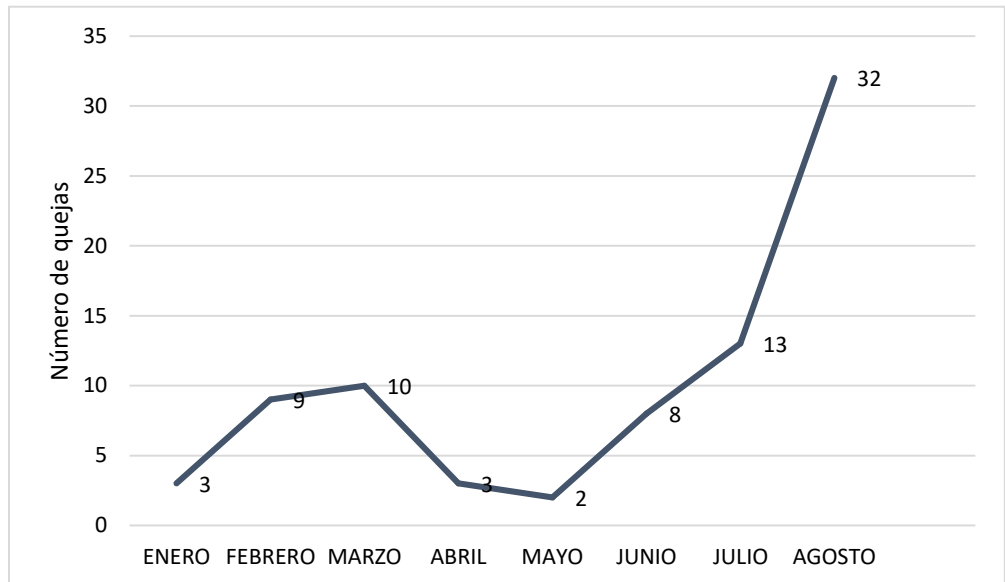


Fuente: Autor del proyecto basado en datos obtenidos del sistema Athenea de Idime S.A.

Este hecho facilita la evidencia de debilidades o vacíos en su sistema de programación de prestación de servicios. En el laboratorio no se manejan herramientas técnicas para la administración de operaciones como: planeación, programación y control de las mismas. Lo anterior se refleja en las siguientes situaciones:

- Incumplimiento en las entregas de resultados a los clientes. En opinión del personal encargado del proceso, alrededor del 50% de los resultados en la sede Lago, son entregados por fuera del tiempo prometido (24 horas). Esto implica un crecimiento en el número de quejas formales radicadas por los clientes, tal y como se muestra en la Gráfica 2.
- Pérdida de información, ya que no se lleva un histórico sistematizado de la producción total, de los tiempos, de los costos y otras variables que intervienen en los procesos.
- Acumulación o desabastecimiento de reactivos para el procesamiento de las muestras, generando así pérdidas de tiempo, costos por pérdida de reactivos, además del desorden que genera la acumulación.
- Errores en la asignación de los recursos tecnológicos y financieros a raíz del desconocimiento de las capacidades teóricas y reales de estos (PINZON, 2014).
- Extravío de muestras, al omitir algunos procesos establecidos en la ruta.

Gráfica 2. Número de quejas formales radicadas por mes

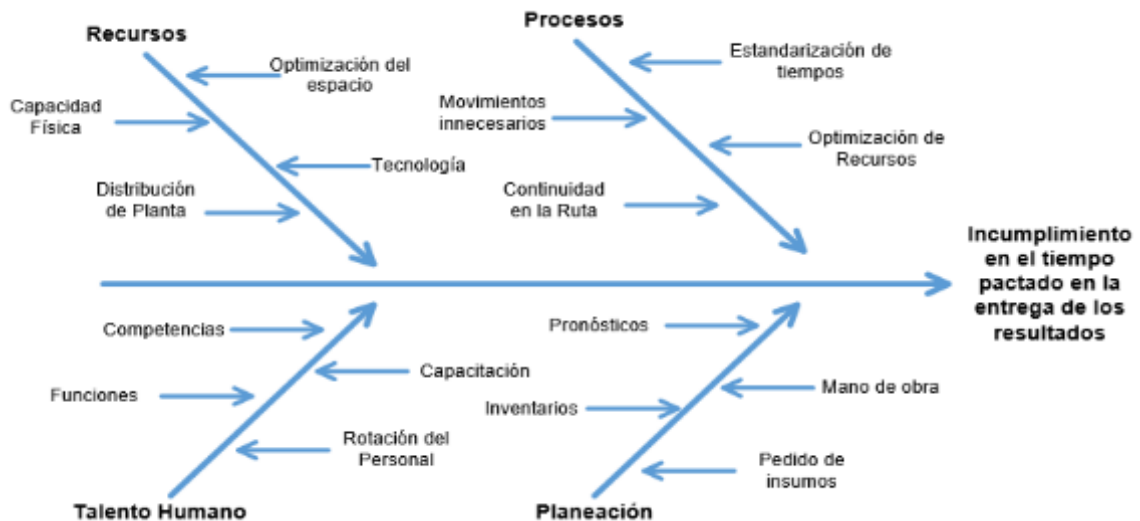


Fuente: Maritza Cabezas, Coordinadora Servicio Integral de atención al usuario.

El diagrama causa-efecto es una herramienta de análisis que permite obtener un esquema donde se pueden identificar las diversas causas que pueden estar originando un determinado efecto o problema. A tal efecto, se utilizó esta herramienta y sus resultados se presentan en la Figura 1.

La figura representa las variables más importantes para poder enfocar el estudio y por ende la adecuada formulación de estrategias que conduzcan al logro del objetivo que se propone.

Figura 1. Diagrama causa y efecto, componentes de análisis del proyecto.



Fuente: Autor 2014

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes decantados del anterior análisis.

La falta de planeación está ocasionando desperdicios de material y recurso humano durante el proceso. Las entrevistas realizadas evidencian que cada mes se gastan más reactivos e insumos que los requeridos (PINZON, 2014). El personal de procesamiento en repetidas ocasiones se salta la ruta establecida para las muestras lo que genera la pérdida de estas y la incapacidad de realizarles una correcta trazabilidad.

La improvisación en aquellos momentos de alta demanda genera problemas, que al final se convierten en demoras en cada área, desperdicio de insumos, generación de cuellos de botella en cada fase. La falta de personal capacitado ocasionada por la alta rotación conlleva a bajos niveles de eficiencia.

Por otro lado, el espacio que se tiene es reducido para los requerimientos de los equipos del laboratorio, hecho que se refleja en el desorden y estrés laboral evidenciado en el personal.

La consecuencia de lo descrito anteriormente afecta directamente a los usuarios a quienes no se les cumple de manera satisfactoria con sus requerimientos que incluyen la entrega oportuna de resultados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como se puede mejorar el cumplimiento en los tiempos pactados en la entrega de resultados a los usuarios del Laboratorio de IDIME S.A. en Bogotá?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el sistema de planeación, programación y control en la prestación de servicios de análisis de muestras, aplicando herramientas de la administración de operaciones que permitan cumplir con los tiempos prometidos al usuario en el Laboratorio Clínico de IDIME S.A. en Bogotá.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

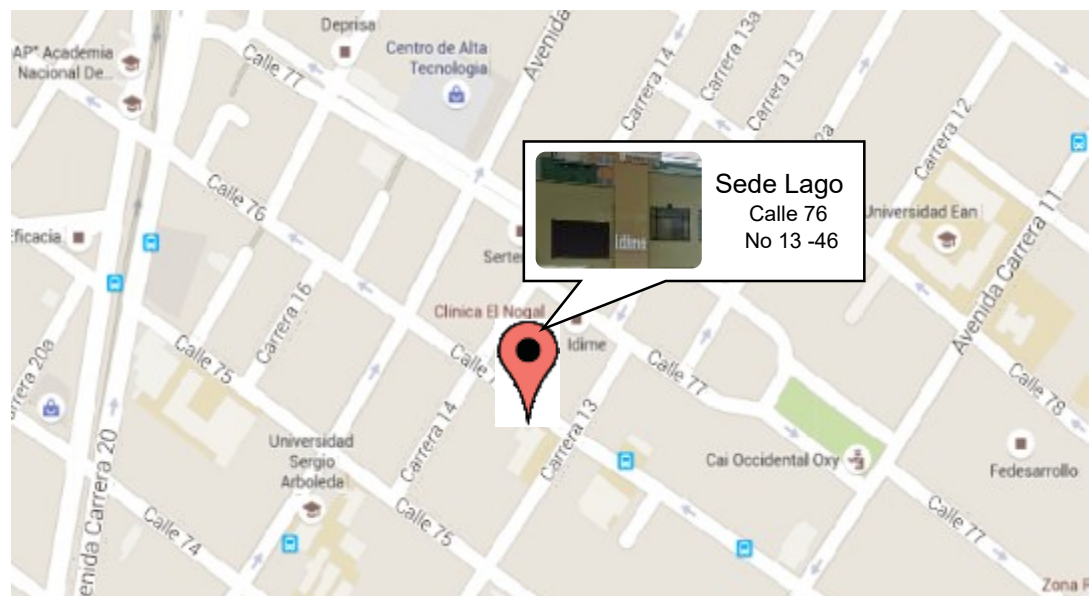
- Realizar un diagnóstico inicial del Laboratorio Clínico de IDIME S.A, identificando aquellos puntos críticos que afecten el cumplimiento de los tiempos de servicio al cliente.
- Caracterizar los procesos del servicio de análisis de muestras del Laboratorio identificando insumos, actores, medios tecnológicos y productos, entre otros.

- Desarrollar el sistema de planeación, programación y control, utilizando las herramientas y parámetros que permitan la reducción de tiempos acordes al Laboratorio Clínico de IDIME S.A.
- Validar el funcionamiento del sistema propuesto por medio de la simulación.
- Establecer las ventajas estratégicas y financieras para la eventual implementación del sistema propuesto en el Laboratorio.

1.5 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

- Delimitación temática: El desarrollo de este proyecto tiene como título “Sistema de Planeación, programación y control de la prestación de servicios en el Laboratorio de IDIME S.A.” para la cual se utilizaron herramientas como: Programación, simulación, planeación, control, entre otras.
- Delimitación cronológica: Considerando las diversas operaciones y actividades para el desarrollo de este proyecto, el tiempo que duró, fue de 12 meses a partir de la aprobación del anteproyecto.
- Delimitación espacial: El escenario sobre el cual se desarrolló el proyecto fue en la ciudad de Bogotá, en el laboratorio en la sede Lago de Idime S.A., ubicada en el barrio Lago en la Calle 76 # 13 – 46 (ver Imagen 3).

Imagen 3. Ubicación Idime S.A. Sede Lago



Fuente: <https://www.google.com/maps/>, 5 de marzo de 2015

1.6 MARCO METODOLÓGICO

1.6.1 Tipo de investigación. La ejecución del proyecto se vio enmarcada y respaldada por una investigación mixta.

El enfoque mixto es aquel que recolecta, analiza y relaciona datos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio y una serie de investigaciones para dar respuesta a un problema planteado. Se tanto métodos cuantitativos como cualitativos que pueden involucrar la conversión de los datos cualitativos en cuantitativos y viceversa. Con esto el enfoque mixto puede utilizar ambos métodos para responder distintas preguntas de la investigación (Roberto & Carlo, 2006).

El estudio evalúa o mide diferentes aspectos, elementos o tamaños de lo que se va a investigar. En el estudio se eligen una serie de variables y se miden por aparte, para así poder describir lo que se investiga, estos estudios dan la posibilidad de realizar predicciones. Lo más importante de este estudio es medir con la mayor precisión posible (Roberto & Carlo, 2006). En este proyecto de grado se pretende utilizar la observación y medición del espacio, tiempos de producción, herramientas, maquinaria, tecnología y otros aspectos inmersos en el proceso productivo. El proyecto identifica los mayores problemas para al final proponer mejoras.

A continuación, se muestra en el Cuadro 1 cada uno de los objetivos del proyecto con su respectiva metodología de solución y las técnicas de recolección de datos, con el único fin de llegar a la mejor solución.

Cuadro 1. Cuadro metodológico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Realizar un diagnóstico del Laboratorio Clínico de IDIME S.A, identificando aquellas estrategias asociadas al cumplimiento de los tiempos de servicio al cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista con la gerente y coordinador del área. • Determinar los factores críticos • Evaluar las entradas del sistema. • Evaluar los procesos. • Identificar las deficiencias del proceso actual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de una matriz DOFA • Definición de Líneas de procesamiento (Centros de trabajo). • Identificación de los procesos del procesamiento. • Determinación de puntos clave del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Flujo • Observación • Entrevistas • Descripción con fotografías • Planillas de recolección de datos
Caracterizar los procesos del servicio de análisis de muestras del Laboratorio clínico identificando insumos, actores, medios tecnológicos y productos.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las operaciones que requiere cada muestra. • Estudio del proceso y la maquinaria. • Toma de información general. • Revisar el proceso de control de inventarios. • Realizar los pronósticos de la demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las operaciones y recursos que requiere el análisis de las muestras. • Elaboración de un estudio de tiempos y movimientos. • Determinación de las características del sistema actual de control de inventarios en el laboratorio. • Identificación de las características de la demanda a través del cálculo de pronósticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de Proceso • Estudio de tiempos • Hojas de trabajo • Pronósticos (Excel). • Evaluación de las líneas de procesamiento • Informes del laboratorio

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Desarrollar el sistema de planeación, programación y control, utilizando las herramientas y parámetros acordes al Laboratorio Clínico de IDIME S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los tiempos de procesamiento. • Definir el plan y los recursos necesarios para la operación. • Identificar el tipo de secuenciación más apropiado que permita definir la regla de programación. • Definir indicadores de control de la producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de la capacidad de procesamiento. • Definición de los planes agregados pertinentes y recursos necesarios. • Determinación del sistema de programación de órdenes más adecuado para el proceso. • Definición de indicadores de control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión documental • Consulta de manuales de máquinas, y manejo de insumos. • Plan agregado (Excel). • Hojas de trabajo. • Revisión bibliográfica. • Trabajo de campo. • Entrevistas con el personal del laboratorio. • Formato de indicadores. • Software de secuenciación.
Validar el funcionamiento del sistema propuesto por medio de un software de simulación.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las distribuciones. • Construir el modelo de simulación. • Validación del modelo. • Análisis de los datos de salida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las respectivas distribuciones para poder ingresar los datos necesarios al simulador. • Validación mediante prueba de hipótesis el sistema actual Vs los resultados arrojados por el software de simulación. • Comparación de los resultados del sistema actual con el propuesto a partir de 	<ul style="list-style-type: none"> • Registros computacionales. • Hojas de cálculo. • Revisión bibliográfica. • Histórico de datos. • Software de simulación. • Software de distribuciones. • Revisión de datos administrativos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
		datos históricos (Software de simulación).	
Establecer las ventajas estratégicas y financieras para la eventual implementación del sistema propuesto en el Laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los costos importantes del estudio. • Determinar los costos relacionados a cada factor. • Comparar la relación costo – beneficio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de los costos relacionados a cada factor. • Análisis de costo – beneficio de los dos escenarios. • Evaluación bajo los indicadores del VPN y la TIR 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de la inversión del proyecto. • Proyecciones de ventas. • Costos de la operación • Datos de la gestión administrativa de la empresa.

Fuente: El Autor 2015.

1.6.2 Marco legal y normativo. El marco legal facilita bases sobre las que las instituciones construyen y determinan el alcance y naturaleza de la participación política. En este normalmente se encuentran un gran número de provisiones regulatorias y leyes interrelacionadas entre sí (Concepto de marco legal, 2015).

En el siguiente Cuadro 2 se pueden observar una serie de normas, lineamientos y sistemas, que dan unos parámetros que deben cumplirse para alcanzar los objetivos propuestos en el proceso.

Cuadro 2. Marco legal normativo

Ley / Norma	Descripción
Artículo 48 Constitución política	Establece la seguridad social como un derecho irrenunciable de los habitantes del territorio nacional, así como servicio público obligatorio, cuya organización debe hacerse conforme a los principios de la universalidad, solidaridad y eficiencia.
ARTÍCULO 3 Ley 99 de 1993.	Del concepto de desarrollo sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.
Ley 9 de 1979, título VII	Se determinan los procesos para la vigilancia y control epidemiológico del laboratorio clínico.
Ley 10 de 1990	Reorganiza el sistema nacional de salud y se dictan disposiciones a la estructura administrativa básica en las entidades de salud.
Ley 1252 Área ambiental.	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
Ley 60 de 1993	Dicta las competencias de las entidades territoriales y de la nación. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Competencias de los municipios y departamentos en el desarrollo del sector educativo, vigilancia y de salud. ▪ Competencias de la nación en la administración de los servicios de salud

	<ul style="list-style-type: none"> Requisitos para la administración de los recursos por parte de los departamentos y distritos en el sector salud.
Decreto N°173 , de 1982, del Ministerio de salud	Capacitación y asesoría en la selección, uso, mantención y renovación de elementos de protección personal.
Ley 100 de 1993	Se creó el sistema de seguridad social integral en búsqueda de proteger los derechos irrenunciables de las personas a una vida acorde con la dignidad humana.
Decreto 1011 de 2006	Determina al sistema obligatorio de garantía de la calidad de salud (SOGCS). Auditoria para el mejoramiento de la calidad de la atención de salud, calidad de la atención en salud, características del SOGCS.
Resolución 2003 de 2014	Determina las condiciones que deben tener los prestadores de servicios de salud para habilitar sus servicios.
Resolución 1445 de 2006	Estipula las funciones de la entidad acreditadora y los estándares de acreditación. La acreditación es un proceso electivo que permite establecer estándares de excelencia técnico-científica y administrativa.

1.7 MARCO REFERENCIAL

1.7.1 Antecedentes. IDIME S.A. es una sociedad anónima, que desde el 2014 pertenece a un grupo empresarial, con sede principal en la ciudad de Bogotá D.C., ubicada en la Calle 76 No. 13- 46 (Barrio El Lago). La cual inicia actividades en Bogotá, en el año 1989 con el nombre de Escanografía del Sur, brindando servicios de resonancia magnética y tomografía en la Clínica del Sur las 24 horas del día.

La empresa se encuentra en proceso de expansión y está interesada en mejorar la calidad, competitividad, productividad, para satisfacer en forma continua y constante las necesidades y expectativas de los usuarios, siempre teniendo muy presente la relación costo beneficio, trabajo que a través de los años ha hecho que la empresa se posicione.

IDIME S.A. es una organización que presta varios servicios de diagnóstico, el servicio de Laboratorio Clínico está apoyado en equipos automatizados a nivel nacional, desde que el paciente ingresa hasta que obtiene el resultado de manera

sistematizada y segura, respaldado por los más altos estándares de calidad, permitiendo así ofrecer pruebas de laboratorio general, especializado y de alta especialidad, a cualquier laboratorio externo y/o usuario que requiera el servicio (IDIME, Servicios, Laboratorio clínico, 2015).

La Empresa está inmersa en un sector que a lo largo de los últimos años ha aumentado su nivel competitivo, por ende, es necesario que se destaque ante las demás. Se debe tener en cuenta que las organizaciones que antes no estaban en su mismo nicho económico hoy buscan nuevos mercados y están fortaleciendo lo que tienen e iniciando actividades en los mismos servicios que presta IDIME S.A. En cuanto al laboratorio clínico de la compañía, los otros laboratorios llegan con nuevas ideas y fortalecen su tecnología, bajando precios a un nivel ínfimo y ampliando su portafolio de servicios.

A continuación, se destacan las empresas que son directa competencia del Laboratorio Clínico:

“LABORATORIO CLINICO MEDICO COLCAN, empresa constituida hace más de 28 años, es un laboratorio clínico de alta complejidad, que presta sus servicios a nivel nacional, que cuenta con tecnología robotizada de última generación, su central de procesos ubicada en la calle 49 No. 13 – 60 en Bogotá – Colombia” (COLCAN, 2015).

“DINÁMICA IPS, más de 18 años de experiencia en ayudas diagnósticas, el laboratorio clínico cuenta con la mejor tecnología a nivel mundial en cada una de las áreas de diagnóstico, incluyendo la Biología Molecular, convirtiéndolo en un centro de referencia regional, ubicado en la Avenida Caracas No.49 – 83 en Bogotá” (DINAMICA, 2015).

“COMPENSAR LABORATORIO CLÍNICO, más de 35 años de experiencia, equipo humano altamente capacitado, tecnología de punta aplicada a todos los procesos, ubicados -en el Compensar de la Avenida carrera 63 No 28ª-70” (COMPENSAR, 2015).

El Laboratorio Clínico de Idime S.A. puede suplir la demanda a nivel nacional, por la robustez de los equipos y el recurso humano con que cuenta, características que le permiten ofrecer una atención y entrega de resultados oportunas manteniendo sus estándares de calidad, siendo lo anterior algo de gran importancia para los clientes.

1.7.2 Antecedentes de investigación en la academia. Este proyecto pretende desarrollar un sistema de Planeación, programación y control de la prestación de servicios de análisis de muestras en el Laboratorio, tal y como se detalla en el numeral 2.3.16. Para suplir las necesidades del paciente o usuario, en el caso de este proyecto, se hizo énfasis en la prestación de un servicio, para ello se indagaron cuatro proyectos acerca de la Planeación, programación y control de la producción. La búsqueda de referentes asociados al tema de laboratorios no arrojó resultados

significativos. En este sentido se optó por referir proyectos desarrollados en ambientes con contextos similares desde el punto de vista de la organización del proceso productivo:

El primer proyecto indagado se titula “Planeación, Programación y Control de la Producción En Plásticos DECADA”, elaborado por July Marcela Castellanos Rodríguez y Laura Ximena Cárdenas Larrahondo, que tiene como objetivo la optimización de la producción en la empresa de Plásticos, elaborando un sistema de planeación, programación y control de la producción, buscando así minimizar costos del sistema productivo. Lo primero que hacen las autoras es plantear e identificar el sistema actual de la empresa, y lo desarrollan en tres etapas: la planeación, donde estudian las materias primas, el producto terminado, la capacidad de las máquinas y del recurso humano, el espacio de trabajo y al final la descripción del proceso. En la segunda etapa se describe la forma en que se realiza la programación y control de la producción en la empresa, haciendo énfasis en los costos de mano de obra.

Plantean un sistema productivo para el mejoramiento de los costos, el cual es organizado en tres etapas: la planeación capacidades reales de los recursos, se evalúan los pronósticos de acuerdo con los datos recolectados en el diagnóstico, determinan tiempos estándar de cada actividad. Con base en lo anterior, estudian los diagramas hombre- máquina, procesos y flujo de procesos. Con estos datos realizan la programación por medio de la herramienta diagrama de Gantt. El control es evaluado de acuerdo con la productividad del sistema y a través del estudio de costos que genera.

Al final se describe por medio de la simulación tanto el proceso actual, como el propuesto, el software de simulación fue Promodel, evaluando los recursos y los actores que intervienen. También describen las estrategias de optimización que proponen para minimizar los costos.

El segundo proyecto se denomina “Planeación, Programación y Control de la Producción en la Pyme de Confecciones Verney Jiménez E.U. en Bogotá.” Elaborado en el año 2012, por Iván Camilo Camero Alfonso y Edwin Julián Vargas Ramírez en la Universidad Libre. El objeto de este trabajo fue desarrollar una herramienta de mejora que permita planear, programar y controlar la producción de la Pyme Verney Jiménez EU de tal manera que aumente su productividad, determinando así cómo asignar los diversos recursos para una producción eficiente que pueda suplir la demanda. Para llevar a cabo el proyecto realizaron visitas y consultas que fueron plasmadas en una plantilla de Excel, se hizo una caracterización de los procesos productivos y un diagnóstico del sistema. Con el histórico de la demanda se realizó un análisis de series de tiempo para seleccionar el pronóstico adecuado, se hace la caracterización de los procesos con el fin de estandarizar el trabajo.

El desarrollo del proyecto favoreció a la mejora continua y el crecimiento de la PYME, dando a la gerencia una mejor calidad en los procesos, aumentando la producción, disminuyendo costos de subcontratación y un mejor control interno.

El tercer proyecto es “Delineación modelada Job Shop para la planeación, programación y control de la producción en la pequeña empresa metálicas Ariza (Indufenix)”, elaborado por Salomón León y Manuel Carrero días en el año 2008 en la Universidad Libre. La empresa Indufenix lleva una producción artesanal o de taller, por esto es necesario un programa que permita asignar la maquinaria, los operarios y materia prima y así reducir los tiempos de entrega, el plan que se va realizar es el más acorde a la producción que se desarrolla, lo que permite un mejor manejo de recursos financieros, de materiales y de tiempo. Teniendo como base el cumplimiento de los objetivos de la organización, las herramientas que permiten generar estos cambios son logrados en la producción, la cual está conformado por la planeación, programación, pronósticos, y el manejo de los costos.

Para llevar a cabo el sistema se debieron seguir los siguientes pasos: lo primero fue obtener la siguiente información, plan de pronóstico de producción, normas de consumo, tiempos estándar, información de capacidad número de operarios, número de máquinas, jornadas laborales, días al mes, tiempos no productivos, información de costos de mano de obra, gastos generales; lo segundo es, realizar la distribución de planta, donde se mejora el recurso el tiempo y la programación de los movimientos, el manejo del tiempo para cada operación y el detallado para cada elemento, cantidad de materia prima, Con esta información y actividades ya es posible el desarrollo del análisis bajo la concepción de un ambiente Job Shop, y con los resultados poder dar las conclusiones y recomendaciones para la empresa.

El cuarto proyecto es “Análisis de los tiempos de respuesta del laboratorio clínico para el servicio de urgencias del hospital San Rafael de Alajuela”; por Tatiana Cedeño Cascante del Instituto Centroamericano de administración pública de Costa Rica en febrero de 2008. Este trabajo de investigación trata sobre un estudio que se realizó en el hospital San Rafael, en el laboratorio clínico con respecto a las solicitudes del servicio de urgencias.

Se analizaron una cantidad de solicitudes médicas y se determina el tiempo desde que ingresa la solicitud hasta que fue enviada, basados en el sistema del laboratorio (SIL). Para complementar la información se realizan entrevistas, registros de tiempos reales, y se analizan las técnicas e instrumentos utilizados para la obtención de los resultados. Se determinó, que los retrasos se hacen internamente del laboratorio, por ejemplo: solicitudes incompletas, duplicidad en el número de identificación, pérdida de exámenes introducción errónea de datos al SIL. En el estudio se concluye que la obtención de cualquier reporte esta entre los 40 y 70 minutos, generando una serie de recomendaciones diferentes a los diferentes actores de los procesos, buscando mejorar la atención del usuario; algunas de las recomendaciones fueron las siguientes: hacer el debido seguimiento, control y mejora continua a las tres fases del laboratorio clínico, vela por el cumplimiento de

todos y cada procedimiento de la fase pre analítica para poder hacer la debida trazabilidad de las muestras, identificar las muestras erróneas y agilizar su análisis, revisión de los tiempos muertos con el fin de minimizarlos y evitar atrasos, entre otras.

El quinto proyecto es “Sistema de planeación, programación y control de la producción para el mejoramiento de los procesos de manufactura en anillos y encuadernación Ltda.”. Elaborado por Maritza Nempeque Rojas, elaborado en el año 2013, en la Universidad Libre. El problema de esta empresa es que no cuenta con una programación productiva adecuada a los diferentes productos y servicios que ofrecen, ya que en varias ocasiones la forma de tomar decisiones sobre producción es arbitraria y en otras intuitiva, ocasionando así incumplimiento con sus clientes, bajando niveles de satisfacción y perjudicando la imagen. Para mejorar el proceso se desarrolla un sistema productivo que integre la planeación, programación y control de la producción para los procesos de anillos y encuadernación Ltda, con el fin de reducir costos, contribuyendo a la competitividad de la empresa.

Para lograr el propósito, se realiza una caracterización del proceso productivo identificando los componentes de las etapas de cada proceso. Se realizó un análisis del sistema de producción actual, a través del diagnóstico que facilitó la definición de las conductas de producción, identificando fortalezas y debilidades por medio de flujogramas, análisis de tiempos, diagramas, entre otros. Se solicitaron datos de la empresa donde se eligen las referencias más importantes para realizar el estudio, se hace una investigación en temas relacionados a la producción que se pudieran utilizar en el proceso, datos históricos de ventas, pronósticos, planeación agregada, se realizó programación por medio de la herramienta diagrama de Gantt, se evalúa la productividad y se elige la mejor opción para la planeación, programación y control de la producción efectiva eficaz y eficiente.

El objetivo de los anteriores proyectos es básicamente llevar a cabo teorías y técnicas de la ingeniería, que puedan brindar un beneficio a las empresas, tomando como base los procesos que se implementan mediante los cuales se pueda evidenciar la mejora, al validar los resultados se hace un aporte importante para las empresas.

Aunque como se puede evidenciar; no hay muchos estudios sobre la programación en laboratorios clínicos, los pocos estudios que hay hacen más énfasis en la parte clínica y no en la administración de operaciones, como referencia se decide buscar ambientes similares o que manejen un flujo parecido, y así tener una idea más clara para desarrollar el proyecto, de acuerdo a las necesidades y funcionamiento del laboratorio se indaga un proyecto de planeación y programación Job shop y con este tener un camino más claro del desarrollo del proyecto.

1.8 MARCO TEÓRICO

En este apartado se presentan las herramientas más importantes utilizadas para el desarrollo del proyecto. En particular se ofrece inicialmente un compendio teórico

sobre técnicas para la gestión de la demanda y el mejoramiento de procesos productivos en el corto, mediano y largo plazo. Posteriormente se realiza una indagación acerca de los requerimientos de herramientas como la simulación y se finaliza con un apartado sobre indicadores de gestión para este tipo de sistemas.

1.8.1 Planeación de la Producción. La planeación de la producción es aquella área de la organización que se encarga de sistematizar por adelantado los requerimientos correspondientes a:

- Maquinaria y equipo
- Mano de obra
- Materias primas

Todas estas acciones tomadas previamente por la alta gerencia de la empresa enfocadas hacia sus objetivos y metas.

El proceso de planeación de la producción tiene como objeto llevar un control consecutivo, de los siguientes aspectos:

- Minimizar los periodos de espera de la maquinaria y de los operarios.
- Elementos de fabricación y Materias primas, en el lugar y en el momento oportuno.
- Determinar la manera más adecuada de satisfacer la demanda prevista acoplándola a los ritmos de producción, los inventarios, la mano de obra, horas extras, etc.
- Llevar un control de las jornadas laborales, las cuales no deben ser excesivas ni cortas para el trabajador (Narasimhan & Mcleavey, 1998).

“El proceso de planificación y control de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía.

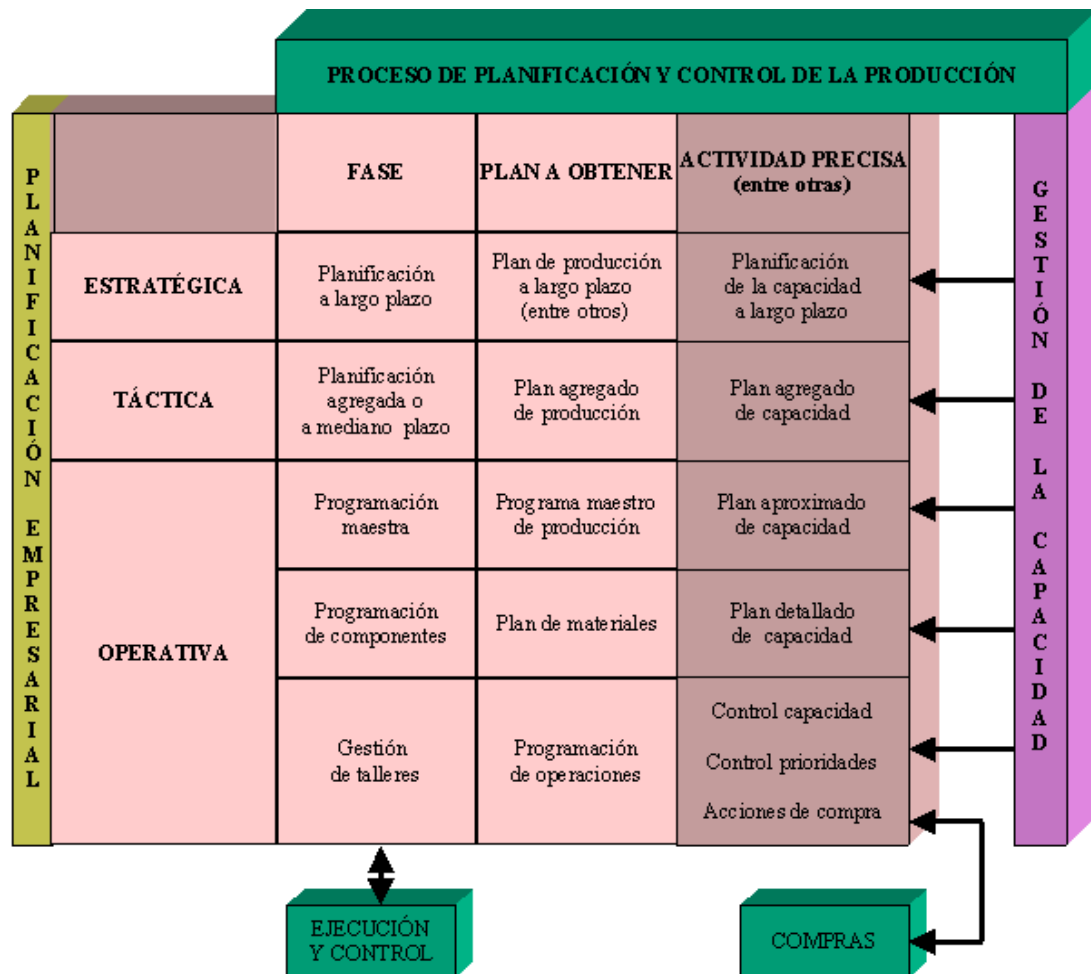
Básicamente las cinco fases que componen el proceso de planificación y control de la producción son” (Dominguez Machuca, 1995):

1. Planificación estratégica o a largo plazo.
2. Planificación agregada o a medio plazo.
3. Programación maestra.
4. Programación de componentes.
5. Ejecución y control.

Estas fases se deberán llevar a cabo en cualquier organización manufacturera, no importa su tamaño y actividad, aunque la forma como se desarrollen dependerá de las características de cada sistema productivo.

El Diagrama 1 resume las principales fases junto con los planes que de ellos se derivan, relacionando tanto los niveles de planificación empresarial como la planificación y gestión de la capacidad.

Diagrama 1. Proceso de planificación y control de la producción



Fuente: Machuca Jose A., Dirección de operaciones.

1.8.2 Pronósticos. Se puede decir, que los pronósticos son el primer paso dentro del proceso de planificación de la producción y estos sirven como punto de partida, no solo para la elaboración de los planes estratégicos, sino además, para el diseño de los planes a mediano y corto plazo, lo cual permite a las organizaciones, visualizar de manera aproximada los acontecimientos futuros y eliminar en gran parte la incertidumbre y reaccionar con gran rapidez a las condiciones cambiantes con mucha más precisión (Adam & Ebert, 1991).

El autor expresa la importancia de diferenciar entre los términos predicción y pronóstico. De acuerdo con su criterio, las predicciones se basan meramente en la

consideración de aspectos subjetivos dentro del proceso de estimación de eventos futuros, mientras que los pronósticos, se desarrollan a través de procedimientos científicos, basados en datos históricos, que son procesados mediante métodos cuantitativos.

Los tipos de pronósticos se pueden clasificar de acuerdo con tres criterios: según el procedimiento empleado, según el horizonte de tiempo, y según el entorno económico abarcado.

Los pronósticos según el procedimiento empleado pueden ser de tipo puramente cualitativo, en aquellos casos en que no se requiere de una abierta manipulación de datos y solo se utiliza el juicio o la intuición de quien pronostica o puramente cuantitativos, cuando se utilizan procedimientos matemáticos y estadísticos que no requieren los elementos del juicio.

Los métodos cualitativos y cuantitativos que se pueden aplicar en la elaboración de los pronósticos son los siguientes:

- **Métodos Cualitativos:** Método Delphi, método del juicio informado, método de la analogía de los ciclos de vida y método de la investigación de mercados. Se utiliza cuando no se cuenta con datos históricos, o cuando la situación es incierta, por lo general se basa en la experiencia o la intuición.
- **Métodos cuantitativos:** Métodos por series de tiempo y métodos causales. Se usan cuando hay datos históricos basados en una idea en la cual, estos pueden ayudar a predecir un futuro y la situación presenta estabilidad.

Según el horizonte de tiempo pueden ser de largo plazo, mediano plazo o corto plazo, y su empleo va desde la elaboración de los planes a nivel estratégico hasta los de nivel operativo. Emplean una serie de datos históricos puntuales, en intervalos de tiempos iguales, una serie de tiempos tiene, tendencia, estacionalidad, ciclos y variación aleatoria, (ver Tabla 2).

Tabla 2. Métodos según el horizonte de tiempos

Método	Descripción	Fórmula
Promedios Móviles	Serie de promedios aritméticos o valores medios durante un periodo determinado. Es utilizado cuando no hay tendencia cíclica o estacional.	$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$
Promedio móvil Ponderado	Previsión donde se utilizan ponderaciones o se da un peso para	$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n}$

	resaltar los valores más recientes.	
Suavización exponencial	Utilizado cuando los patrones de la demanda aleatorios o niveladas, con el fin de eliminar el impacto de los datos irregulares históricos enfocado en los periodos de la demanda reciente, es decir que cada incremento en el pasado se reduce $(1 - \alpha)$.	$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$

Fuente: El autor del proyecto, basado en (Adam & Ebert, 1991)

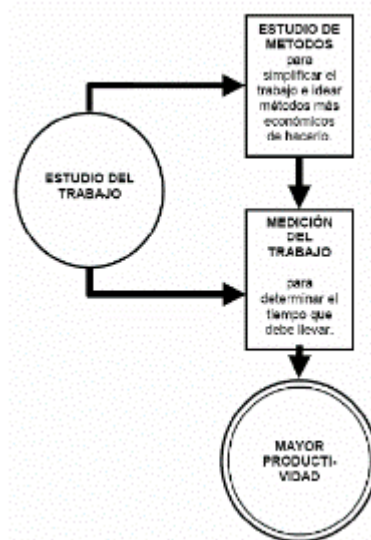
Los pronósticos según el entorno económico pueden ser de tipo micro o de tipo macro y se definen de acuerdo con el grado en que intervienen pequeños detalles contra los grandes valores.

1.8.3 El Estudio del Trabajo. El estudio del trabajo no es más que el empleo de ciertos procedimientos característicos del análisis u observación de técnicas y la evaluación de las actividades que se utilizan para indagar las actividades humanas en todos sus contextos y que lleva sistemáticamente a inspeccionar y supervisar todos los elementos que intervienen en la dinámica y administración de la situación estudiada con el fin de realizar un restablecimiento de las actividades emprendidas en la organización (Bittel & Ramsey, 2000).

La observación de procedimientos es la inspección y control crítico ordenado de los modos presentes e ideados para llevar a cabo un trabajo, como una manera de idear y utilizar técnicas más simples, seguras, efectivas y al mismo tiempo de aminorar los gastos.

La medición del trabajo es la utilización de procedimientos para poder establecer el periodo que invierte un trabajador calificado en realizar una tarea definida realizándola según un parámetro de ejecución preestablecida (ver diagrama 2).

Diagrama 2. Estudio del trabajo



Fuente: O.I.T, Introducción al estudio de trabajo.

El estudio de métodos y la medición del trabajo están muy relacionadas, pues el estudio de métodos es utilizado para disminuir el contenido de trabajo y la medición de trabajo sirve para hacer un análisis de la existencia del tiempo improductivo para así reducirlo, para luego crear procedimientos para reducir el tiempo de las operaciones cuando sean realizadas en la manera perfeccionada por el estudio de métodos, pues ambos están compuestos de variadas técnicas (O I T, 1998).

1.8.4 Medición del Trabajo. “Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador u operario calificado en llevar a cabo una tarea o procedimiento determinado, efectuándola según una manera de ejecución pre-establecido (Método)” (Organización y métodos, 2014).

Existen dos técnicas básicas de la medición del trabajo, son las siguientes:

- Técnicas directas
 - a. Cronometraje industrial
 - b. Muestreo (método de observaciones)
- Técnicas indirectas
 - a) Tiempos predeterminados
 - b) Datos estándar.

La medición del trabajo está asociado a los estudios de tiempos:

El estudio de tiempos mide la cantidad de trabajo necesario para elaborar un producto, siendo el soporte de factores importantes dentro de la organización, tal como, los salarios devengados por la fuerza laboral. La finalidad del estudio de tiempos consiste en establecer el tiempo estándar para las operaciones necesarias

en los procesos, esto significa que es el tiempo en el cual un trabajador calificado realiza una tarea basándose de un método y realizando su labor a un ritmo normal.

Se deben obtener distintos elementos de trabajo los cuales son medidos con cronómetros teniendo en cuenta factores de calificación y tolerancias, para compensar ciertas interrupciones que se presenten en el área productiva. Los tiempos que son registrados para cada elemento varían entre cada una de las observaciones, estas variaciones de los tiempos son normales ya que los trabajadores tienden a realizar las actividades de forma distinta, y sus movimientos no son uniformes al igual que la posición, manejo de herramientas y administración de las materias primas.

El objetivo principal del estudio de tiempos es el de determinar tanto el tiempo estándar de las diferentes actividades involucradas en cada una de las áreas de la planta como el tiempo de cada producto fabricado; se debe verificar la validez de las muestras utilizando la Fórmula 1 (Riggs, 2002, pág. 350):

Fórmula 1. Número de ciclos en un estudio de tiempos

$$N' = \left(\frac{k/s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)$$

Fuente: Tomado de RIGGS, James; Sistemas de producción: (2002) Planeación, análisis y control; Pág. 350. Editorial: Limusa. (Abril de 2015).

Donde:

N'= número de ciclos necesarios para obtener el nivel deseado de precisión y confianza.

k/s= factor de confianza – precisión

X= tiempos representativos de los elementos

N= número de tiempos representativos.

1.8.5 Programación de la producción. Aquella actividad que consiste en fijar los planes y horarios de la producción, de acuerdo con la prioridad de la operación a realizar, determinando su inicio y su fin, y así lograr un nivel más eficiente. La función más importante es lograr que haya un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas que tiene la producción.

La programación de la producción es principalmente usada para proporcionar una herramienta operativa de soporte y programación a medio y corto plazo. Se programan las órdenes a capacidad finita, respetando las diferentes restricciones del proceso y las reglas de optimización de los recursos (Castro & Vélez, 2002).

Es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- Capacidad de procesamiento de las maquinas: para poder tener la utilización adecuada de esta, deben observarse las especificaciones, la calidad, cantidad de los materiales, condiciones ambientales, cantidad de materiales, la experiencia y la capacidad de operación.
- Capacidad personal: para mantener los bajos costos y utilizarlo de la forma más eficaz, donde se puede afectar la fecha de entrega.
- Materiales: para poder cumplir con las fechas comprometidas para su entrega.
- Sistemas de producción: hacer el respectivo estudio y con base en este seleccionar el más adecuado, de acuerdo con lo que necesite la empresa.

Funciones de la programación de la producción:

- Cumplir los tiempos de entrega pactados.
- Mantener el mayor tiempo la mano de obra ocupada.
- Predecir las posibles pérdidas de tiempo o sobre cargas en cada área.

A continuación, se mencionan algunos medios de programación de la producción (Fogarty, Blackstone, & Hoffman, 1997):

- Ruta crítica: o teoría de redes, es un método matemático en el cual se realiza una secuencia y se define una utilización óptima de los recursos.
- Pert – Cost: es una derivación de la ruta crítica, en la cual además de minimizar los tiempos, se reduce al mínimo los costos y lograr un máximo de calidad en el trabajo.
- Grafica de Gantt: es utilizado en la resolución de problemas más pequeños y de poca complejidad.
- Grafica de barras: deja ver una línea de tendencia.

1.8.6 Programación y Secuenciación. La programación y la secuenciación son actividades muy comunes que los gerentes operativos realizan a diario en las empresas. Son muy importantes para los tres niveles de la planeación agregada y desagregación. Los buenos programas y secuencias permiten ejecutar eficientemente planes de manufactura y servicio. En la siguiente Tabla 3 se resume como estas dos actividades se adecuan a estos niveles (Collier & Evans, 2009):

Tabla 3. Programación en los tres niveles de planeación agregada y desagregación.

Nivel de planeación	Características	Ejemplos de manufactura	Ejemplos de suministro de servicios
Nivel 1	<ul style="list-style-type: none"> • Programación a largo plazo para cumplir la demanda agregada futura. • Estrategias de producción seguimiento de la demanda y planeación basada en la optimización. • Enfoque de planeación por importe monetario de ventas, línea de producto, año trimestre y mes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar los turnos de trabajo. • Planear nuevas contrataciones. • Asignar horas extras y reducción de jornadas. • Programar subcontratación. • Programar la producción 	<ul style="list-style-type: none"> • La planeación agregada en los servicios es similar a las industrias
Nivel 2	<ul style="list-style-type: none"> • Programación a mediano plazo para cumplir con la demanda por semana mes o día. • Enfoque en la planeación. • Desagregación de planes de órdenes de productos finales, subensambles, partes y materias primas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un programa de producción maestro. • Programar las liberaciones de ordenes generales MRP. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar los recursos a la demanda. • Programar al personal • Programar el equipo (mantenimiento)
Nivel 3	<ul style="list-style-type: none"> • Programación y secuenciación a corto plazo por hora minuto y día. • Recursos restringidos. • Enfoque en la ejecución en tiempo real. • Priorizar tareas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la prioridad y la secuencia del procesamiento de tareas, productos partes. • Despachar las partes, la mano 	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar tareas back office y los cliente front office. • Despachar el servicio de campo. • Centrarse en la ejecución de los

Nivel de planeación	Características	Ejemplos de manufactura	Ejemplos de suministro de servicios
	<ul style="list-style-type: none"> Decisiones por día y hora. 	de obra y el equipo. <ul style="list-style-type: none"> Centrarse en la ejecución y el piso. 	encuentros de servicio.

Fuente: David A. Collier y James R. Evans, Administración de operaciones bienes, servicios y cadenas de Valor.

La secuenciación es necesaria cuando varias actividades (manufactura, servicio al cliente, la entrega de paquetes, etc.) usan un recurso común. Aquel recurso puede ser una máquina, representante del servicio al cliente o un camión de entrega. La secuenciación puede ser planeada, en este caso se crearía un programa (Collier & Evans, 2009, pág. 322).

Al seleccionar un gerente una regla de programación o secuenciación específica es necesario tomar en consideración primero los criterios bajo los cuales se evaluarán los programas. Los criterios son:

1. criterios de desempeño centrados en el proceso
2. criterios de fechas límite de entrega centradas en el cliente
3. criterios basados en los costos.

Las dos reglas más conocidas para decidir el orden de prioridad de las tareas son

- tiempo de procesamiento más corto (SPT)
- fecha de vencimiento más temprana (EDD)

Cuando se usa una de estas reglas, se calcularía la medida de todas las tareas inmersas y las seleccionaría en orden según los criterios. Comúnmente estas reglas se aplican cuando se necesita definir la secuencia en una serie de tareas en un momento.

En otros escenarios, las tareas pueden llegar de manera intermitente, por lo que las tareas que se deben colocar cambian su orden constantemente. Para estos casos se establece una prioridad a cualquier tarea que esté disponible y al llegar otras tareas se actualizan las prioridades.

- Primero en llegar, primero en atender (FCFS)
- Número mínimo de operaciones remanentes (FNO)
- Mínimo trabajo remanente (LWR) – la suma de todos los tiempos de procesamiento de las operaciones que aún no se han realizado.
- Cantidad mínima de trabajo en la fila de procesos siguiente (KWNQ) – cantidad de trabajo que espera en el proceso siguiente de la secuencia.

Como se comenta anteriormente, su objetivo es establecer las secuencias por los centros de trabajo para cumplir con las fechas de entrega con el menor volumen de inventarios y recursos posibles. El desarrollo dependerá de la configuración con que se trate, por lo que existen diferentes opciones.

El orden de procesamiento puede influir en el tiempo total de proceso de todo el lote. Debido a que los tiempos muertos que se dan en las maquinas como consecuencia de la espera de los pedidos. De acuerdo con lo anterior se trataría de establecer la mejor secuencia con la que pueda cumplir la entrega de pedidos e implique menor tiempo (Dominguez Machuca, 1995, pág. 309).

1.8.7 Fabricación JOB – SHOP. En ambientes *job shop*, la fabricación es realizada normalmente en lotes pequeños, de ítems muy desiguales, teniendo diferente secuencia de paso por cada centro de trabajo o máquina (Dominguez Machuca, 1995, pág. 311). También es importante que para cada uno obtener cada lote puede diferenciarse por los materiales necesarios, tiempo de procesamiento en cada centro de trabajo, la preparación, entre otros. El procesamiento por las M máquinas de los N pedidos es diferente es necesario no solo establecer el orden de entrada en la primera, si no que se debe especificar la secuencia en todas y cada una de las mismas. En esto se debe considerar las diferentes rutas, de tal manera que un pedido no puede entrar hasta que haya pasado por los procesos predecesores de la ruta.

El orden que se asigne es de gran importancia, ya que va a influir más en los tiempos ociosos de los centros de trabajo y por ende el aprovechamiento de los recursos, en las fechas de entrega y en las cantidades producidas. Tendrá que asignarse el orden o la secuencia de los N lotes por las M máquinas que, obedeciendo a las rutas y la capacidad disponible, pueda cumplir con las fechas de entrega, empleando el menor tiempo para producir N lotes, o lo que refiere a disminuir al máximo los tiempos ociosos en las M máquinas.

Como se puede observar es un caso complejo de secuenciación, por más de que se ha intentado conseguir la técnica general optimizadora, no existe una. Las técnicas de simulación son de difícil aplicación ya que tiene varias posibles soluciones. Por esto la tendencia es utilizar técnicas heurísticas o de prueba y error. De las dos formas se obtienen buenos resultados, que se acercan a un óptimo, basándose en el objetivo primario que es el cumplimiento de las fechas de entrega o minimización del tiempo de obtención de los lotes. Cuando se tienen altos N y M la solución por las técnicas heurísticas se acerca más al óptimo que la que se obtiene por la técnica prueba y error.

1.8.8 Control de la Producción. La finalidad del control es entregar la producción dentro de un plazo esperado. Los planes de producción son convertidos en anuncios de acción que indican con exactitud que operador y maquinas funcionaran, cuales sean las operaciones y cuando se deben realizar. Luego se comparan las actividades con lo planeado, con el fin de obtener una retroalimentación para

planear de nuevo o realizar una acción correctiva. Las técnicas de control y los diseños dependen directamente del tipo de proceso que se va a controlar.

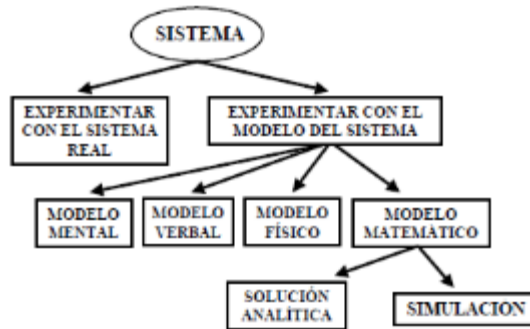
El control del flujo se pone en marcha a una producción continua cuando el equipo, las tareas y los productos están estandarizados. El control de pedidos está directamente unido con la producción intermitente. Los programas de trabajo deben ser controlados de forma minuciosa ya que estas órdenes de trabajo pasan por diferentes patrones de producción.

1.8.9 Simulación. Los problemas de la programación en un mundo real son bastante complejos como para ser susceptibles al análisis matemático. La simulación toma como base las computadoras para poder comparar diferentes estrategias y escenarios de programación.

La simulación es una recreación o un modelo de una situación real que permite al analista examinar los diferentes escenarios en un ambiente de laboratorio. Las aplicaciones de la planeación de la producción por lo general utilizan simuladores basados en computadoras. Una simulación por computadora es un programa que refleja una realidad con exactitud de una situación del mundo real. Al igual que como en un modelo matemático se definen algunas variables que representan cantidades reales y se plasman expresiones para hacer la descripción de estas variables (ver Diagrama 3). Los problemas determinísticos y los estocásticos son susceptibles a la simulación. Los programas de simulación son especiales para la modelación de la incertidumbre. Los números aleatorios son recursos matemáticos que crean cadenas de números que se extraen de una distribución uniforme. Los números aleatorios pueden transformarse en observaciones de variables aleatorias con la mayoría de distribuciones que usen cualquier relación con la teoría de la probabilidad. Las simulaciones que incluyen cualquier tipo de incertidumbre son llamadas simulaciones de Monte Carlo (Nahmias, 2007).

Hoy en día la simulación coge más fuerza como herramienta. Las hojas de cálculo tienen generadores de números aleatorios que permiten construir simuladores sencillos. Pueden crearse modelos de hojas de cálculo más complejos con productos complementarios como Risk, Lotus 1-2-3 y Excel. Aun cuando los programas de simulación pueden tener escritura directamente en lenguajes de (V. Basic o C), y en general hay muchos paquetes de simulación reservados.

Diagrama 3. Formas de estudiar un sistema



Fuente: Urquía Moraleda Alfonso, Simulación

La finalidad de un estudio de simulación condiciona las hipótesis empleadas en la construcción del modelo, y estas determinan al tiempo que tipo de modelo resulta más adecuado al proyecto. Un sistema puede ser modelado de varias formas, utilizando diferentes tipos de modelos, los modelos más usados son; el determinista y el estocástico (Urquía Moraleda, 2014).

- Modelo determinista cuando todas las variables de entrada son deterministas, es decir el valor de cada una de ellas es conocido en cada instante.
- Modelo estocástico es cuando una de sus variables de entrada es aleatoria, esto refiere a que las variables del modelo calculadas a partir de variables aleatorias son también aleatorias, por ende, la evolución de este tipo de sistemas debe analizarse en términos probabilísticos.

A continuación, se presentarán algunos tipos de simulaciones y otras ya mencionadas para dar mayor claridad al tema.

Un modelo de simulación estático es la representación de un sistema en un instante particular, o aquel modelo que sirve para representar un sistema en el cual el tiempo no es importante, un ejemplo de simulaciones estáticas son las simulaciones de Montecarlo. El modelo de simulación dinámico representa un sistema que cambia con el tiempo.

Modelo de tiempo continuo está dado por el hecho de que el valor de sus variables de estado puede cambiar muchas veces, es decir de manera continua, en un intervalo finito de tiempo.

Modelo de tiempo discreto los cambios solo ocurren en instantes separados en el tiempo. Sus variables de estado pueden cambiar de valor un número finito de veces por unidad de tiempo.

Los modelos híbridos constan en que alguna de sus variables de estado de tiempo continuo y las que quedan de tiempo discreto, con parte de tiempo continuo y parte de tiempo discreto.

Los pasos que se deben seguir en un estudio de simulación son los siguientes:

1. Definición del problema: consiste en definir el por qué se estudia el sistema y qué objetivos se persigue con esto (cuales son las preguntas a contestar).
2. Planificación del proyecto: estimar que recursos son necesarios para llevar a cabo el proyecto: dinero, personal, hardware, entre otros.
3. Definición del sistema: debe determinar qué aspectos de la realidad constituyen el sistema a estudio.
4. Formulación conceptual del modelo: aplicación de un modelo preliminar, con gráficos (diagramas de bloques) o un pseudo código, donde se definen los componentes, las variables descriptivas y las interacciones.
5. Diseño preliminar del experimento: definir qué se va realizar sobre el proyecto y como se va a medir su comportamiento. Definir las variables de entrada y salida, como va a modificarse el valor de las entradas y como recoger los datos de salida.
6. Preparación de los datos de entrada: establecer el procedimiento a seguir para asignar valores a cada una de las variables de entrada durante la simulación.
7. Traducción del modelo: consiste en describir cada parte del modelo y su funcionamiento empleando lenguaje de simulación. Ejecutar la simulación
8. Verificación y validación: estudiar si el modelo trabaja como debería y si la salida del modelo es probable y que en verdad representa el sistema.
9. Diseño experimental final: diseñar un experimento que proporcione las respuestas para poder contestar las preguntas planteadas, réplicas de la simulación en condiciones bien definidas.
10. Experimentación: realizar el experimento de simulación diseñado.
11. Análisis e interpretación: consiste en deducir las conclusiones a partir de los datos obtenidos de la simulación.
12. Implementación y documentación: al obtener los resultados, analizados y extraídas las conclusiones, deben ser presentadas. El modelo debe ser documentado y prepararlo para que pueda ser utilizado en estudios futuros. Y finalmente tomar las medidas necesarias a partir del estudio y de las conclusiones obtenidas.

1.8.10 Indicadores de Gestión. Los indicadores de gestión son los encargados de medir avances físicos y financieros de un proyecto, y así poder establecer la relación tiempo – costo, para facilitar la mantención del equilibrio que debe haber entre los gastos y las tareas hechas respecto a las programadas. En ese orden es necesario identificar algunos indicadores e índices que ayuden a evaluar las acciones del proyecto que lleva a cabo y contrarrestar imprevistos. Enlazando así la relación entre las variables y las tendencias de cambio que presenta un fenómeno

observado. Existen diferentes tipos de indicadores, en este caso se tratarán los operacionales y los financieros:

- **Indicadores Financieros:** El análisis que se lleva a cabo a la parte financiera de una empresa, tiene como fin evaluar el desempeño tanto en la parte financiera como en la parte operacional, donde al mismo tiempo se les da apoyo a los administradores e inversionistas en la respectiva toma de decisiones. Aquí es donde se relacionan dos cuentas importantes con la finalidad de conocer información vital como lo es, la solvencia, el endeudamiento, la rentabilidad, entre otros, esta información da una mejor visión del comportamiento de la organización además de sus tendencias a través del tiempo.

- **Indicadores Operacionales:** El objetivo de estos indicadores es medir la calidad del trabajo que se realiza en la empresa, los cuales pueden ser en cuanto a la calidad técnica o a la productividad; los indicadores operacionales de calidad técnica se relacionan a las actividad o trabajos que se realizan con los índices de eficiencia acordados o registrados en un periodo determinado; los indicadores operacionales de productividad se basan en relacionar las actividades realizados en el tiempo de los diferentes operarios y su resultado final manifiesta la producción promedio por unidad de tiempo – operario. La información que se obtiene de esto es muy importante, ya que con estos datos se pueden tomar los respectivos ajustes, corrección y toma de decisiones en los procesos.

1.9 MARCO CONCEPTUAL

Para prestar el servicio de análisis y apoyo al diagnóstico, el laboratorio clínico actualmente utiliza un vocabulario técnico, el cual se identificará a continuación de tal manera que se pueda comprender los objetivos a cumplir.

Actividad: “Conjunto de acciones y tareas que se proponen para lograr un objetivo fijado” (Larbáburu Arrizabalaga, 2004, pág. 205).

Analizador automático: Equipo de laboratorio que fue diseñado para medir sustancias químicas, entre otras características en muestras biológicas, con un recurso humano mínimo.

Área de Química Clínica: Análisis de química de sangre, orina y fluidos biológicos, análisis de urgencias y rutina automatizados, electrolitos gases arteriales, química hormonal. También están incluidos glucosa, colesterol, triglicéridos, ácido úrico, calcio, fosforo, magnesio, función renal y función hepática.

Área de inmunología: Estudios de inmunidad celular y humoral, determinación de proteínas y hormonas.

Bioquímica: Química de los organismos vivos y de los procesos vitales (Dorland, 1998).

Capacidad instalada: Disponibilidad de infraestructura que se tiene para producir un determinado bien o servicio, mayores niveles de producción necesitan mayor capacidad instalada (Mejía, 2015).

Coordinación: Consolidación de ideas entre líderes de las diferentes áreas, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos.

Cuello de botella: Aquellas actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, reducen la productividad y aumentan los tiempos de espera, y como consecuencia se ve el aumento de costos, lo que conlleva a una baja eficiencia (Casas, 2014).

Diagnóstico: Recolección de datos para hacer un respectivo análisis e interpretar, lo que permite evaluar una condición.

Examen de laboratorio clínico: Prueba realizada en un laboratorio clínico, que necesita de un recurso humano y tecnológico apropiado para su procesamiento (salud, 1997).

Examen urgente de laboratorio clínico: Examen de laboratorio clínico que por el concepto científico-clínico, que por la gravedad o pronóstico del cuadro clínico del paciente, debe ser atendido con preferencia, para que este resultado pueda ayudar a las medidas terapéuticas y/o quirúrgicas del caso (salud, 1997, pág. 2).

Exámenes Ordinarios o rutinarios del laboratorio clínico: Exámenes que por su manejo clínico y naturaleza del paciente, no implican urgencia ni prioridad y el reporte del resultado debe ser dentro del tiempo prometido por el laboratorio clínico (Salud, 1997, pág. 2).

Inmunología: Rama de las ciencias biomédicas que es relacionada con la respuesta del organismo a un estímulo antigénico, el reconocimiento de lo extraño y a todos los fenómenos inmunitarios (Dorland, 1998, pág. 376).

Laboratorio Clínico: Establecimiento público o privado en el cual se realizan los procedimientos de análisis de especímenes biológicos de origen humano, apoyando las actividades de diagnóstico, prevención seguimiento, tratamiento control y vigilancia de las enfermedades (Salud, 1997, pág. 3).

Laboratorio de alto grado de complejidad: Laboratorio clínico de mayor complejidad, cuenta con recurso humano especializado, tecnología de punta e infraestructura física en la cual se pueden realizar exámenes de baja, media y alta complejidad dirigidos a apoyar el diagnóstico (Salud, 1997, pág. 3).

Laboratorio independiente: Cuando ostenta patrimonio propio e independiente, autonomía administrativa, financiera y presupuestal, que cuenta con dirección y orientación autónoma, el cual presta servicios al cliente externo o a cualquier institución que lo solicite (Salud, 1997, pág. 2).

Muestra: Parte de un espécimen que se utiliza para caracterizar o analizar: debe ser representativa del espécimen y por ende del paciente (Morán, 2001).

Portafolio de servicios: Es un grupo de servicios que una empresa brinda a sus usuarios o clientes, para satisfacer sus necesidades.

Servicio Toma de muestras: Servicio que cuenta con los recursos técnicos y humanos apropiados para exclusivamente la toma de muestras y/o productos biológicos que serán remitidos al laboratorio para su respectivo análisis (Morán, 2001, pág. 4).

Laboratorio Clínico: Establecimiento público o privado en el cual se realizan los procedimientos de análisis de especímenes biológicos de origen humano, apoyando las actividades de diagnóstico, prevención seguimiento, tratamiento control y vigilancia de las enfermedades (Salud, 1997, pág. 3).

En el laboratorio Clínico hay varias áreas de trabajo especializadas como: hematología, inmunología, microbiología, microscopía, química, entre otras, las cuales analizan las muestras con el fin de generar un resultado que proporcione información acerca del estado de salud del usuario, por ello es tan importante conocer cada fase analítica sus debilidades y fortalezas, para ofrecer al usuario un resultado en el tiempo pactado con calidad y así poder tratar su enfermedad.

El laboratorio tiene gran influencia en los procesos asistenciales en especial en los hospitales, por la exactitud de los resultados y en especial por el tiempo transcurrido desde el instante en el que el médico da la orden hasta que recibe el resultado, a esto se denomina tiempo de respuesta.

Un laboratorio puede ser estudiado como subsistema el cual tiene insumos, realiza una recepción y el respectivo análisis, ofreciendo un producto que está conformado por muestras biológicas, permitiendo a los demás actores del sistema utilizarlo como insumo para dar un diagnóstico a un usuario o paciente. Al verse involucrado con otras dependencias internas o externas, es mucho más difícil el proceso, por ende es necesario planear, programar y controlar todo el proceso para asegurar la entrega oportuna de los resultados (Cedeño Cascade, 2008).

Clasificación de los laboratorios clínicos: Los laboratorios privados o públicos están clasificados en bajo, mediano, y alto grado de complejidad, dependiendo el nivel de especialidad del examen y procedimiento que se realice, también dependiendo del recurso humano, infraestructura física y la tecnología que se tenga (Salud, 1997).

Laboratorio clínico de bajo grado de complejidad

Laboratorio que realiza las pruebas básicas con un recurso humano, infraestructura física y tecnología requerida que apoye un diagnóstico y que a su vez se soporte en el sistema de referencia y contrarreferencia ver (marco conceptual Pág. 55).

Laboratorio clínico de mediano grado de complejidad

Laboratorio que cuenta con el recurso humano, tecnología e infraestructura física que permite hacer exámenes de mediano y bajo grado de complejidad, soportando el diagnóstico y que a su vez se soporte en el sistema de referencia y contrarreferencia.

Laboratorio clínico de Alto grado de complejidad

Laboratorio que tiene mayor complejidad que cuenta con el recurso humano especializado, infraestructura física y tecnología avanzada necesaria para realizar exámenes de baja, media y alta complejidad y así apoyar el diagnóstico, pudiéndose valer de la referencia y contrarreferencia.

Sistema de información del laboratorio LIS (*Laboratory Information System*).

En principio la función del LIS es el registro de la información o peticiones del usuario y la impresión de los resultados. Hoy en día los sistemas pueden gestionar las fases del proceso del laboratorio y lograr interactuar con el resto de sistemas clínicos.

El LIS es un conjunto de software y hardware que da soporte a la actividad del laboratorio clínico.

En general, los laboratorios clínicos dan a conocer aquellos resultados de pruebas que fueron analizadas de las muestras procedentes de un paciente en un momento determinado.

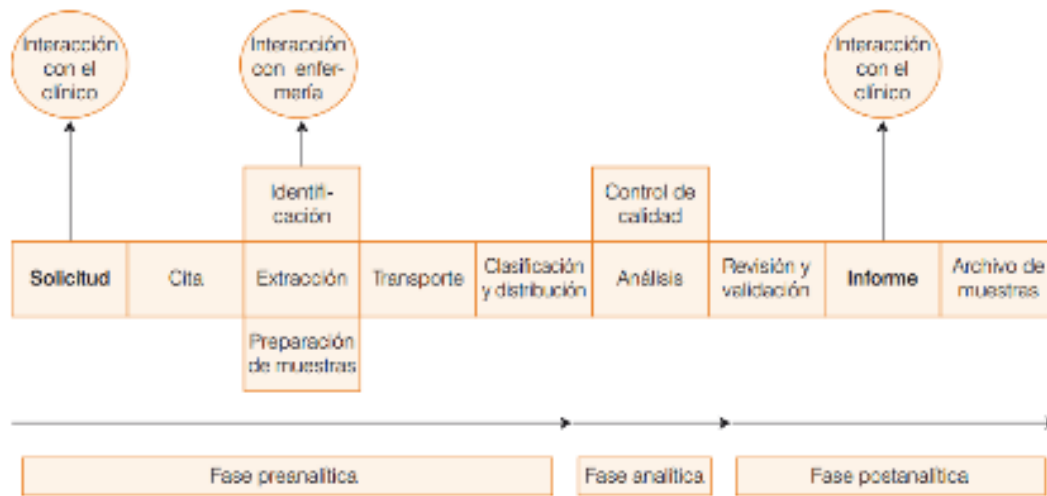
La base de datos del LIS por lo general tiene una estructura jerárquica con al menos los siguientes datos (Mazón A. & Carnicero, 2004):

- Paciente: datos demográficos y administrativos.
- Solicitud o petición: fecha, hora, tipo, motivo, peticionario, entre otros.
- Muestra: sangre total, suero, orina y/o LCR, entre otros.
- Prueba (método): Por ejemplo, glucosa, urea, hemograma, entre otras.
- Resultado (con unidades e intervalo de referencia): numérico, informe, comentarios, alfanumérico y otros.

El desarrollo del LIS, en conjunto con la automatización y la robotización, ha traído un gran incremento en la capacidad productiva de los laboratorios, así mismo ha aumentado la dependencia al LIS. El LIS por lo general es conectado en tiempo Real a una gran cantidad de analizadores, que necesitan una transmisión de datos de forma rápida, que si no se hace se puede interrumpir la comunicación y retrasar los procesos en el laboratorio clínico.

LIS y Flujo de trabajo: Por lo general el proceso del laboratorio comienza por una solicitud que realiza un médico y finaliza con el resultado. Cabe anotar que entre la solicitud y el resultado hay una serie de subprocesos o fases en el que el LIS juega un papel importante (ver Diagrama 4) (Carnicero & Fernández, 2012).

Diagrama 4. Flujo de trabajo LIS



Fuente: Antonio López, Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud.

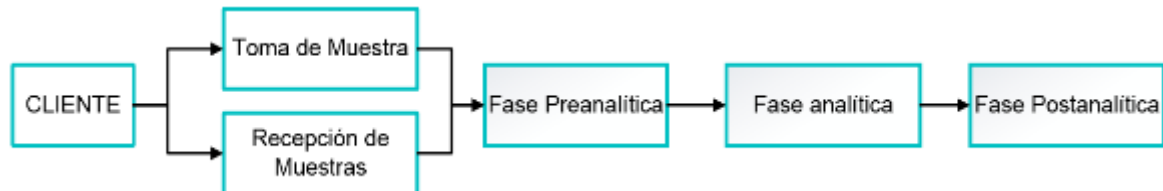
Web de Laboratorios: En la actualidad, es obligatorio disponer de una página web del laboratorio como fuente principal de comunicación con los usuarios o pacientes. Estas páginas deben ofrecer una información amplia acerca de los sistemas de petición, obtención de muestras procesos, organización, portafolio de servicios, consulta de información, entre otros. También se puede ofrecer a algunos usuarios o clientes el acceso a consultar la información que posee el LIS, sacar informes, estado del resultado o la prueba y hasta hacer solicitud de las mismas (Carnicero & Fernández, 2012, págs. 131-133).

Procesos analíticos en el Laboratorio Clínico: El sistema del laboratorio incluye pasos como (Sánchez Carrillo & Guerrero Gómez, 2003): la toma de la muestra, el transporte, recepción, análisis de la muestra y por último la entrega del resultado físico y/o correo electrónico. Este grupo de actividades y recursos interrelacionados transforman una serie de insumos en un servicio. Lo compone tres fases: Preanalítica, analítica y Postanalítica (ver Diagrama 5).

“En las tres últimas décadas, el laboratorio clínico ha experimentado notables cambios. La década de los 70 es la de las técnicas manuales, la de los 80 la de la automatización y la de los 90 la de la informatización. De igual modo, las fuentes de error se han ido desplazando, en la década de los procedimientos manuales, hasta un 50% de los errores se producían durante la fase analítico-instrumental, estos errores se corrigieron en buena medida con la automatización. Finalmente, la informatización ha corregido la mayor parte de los errores postanalíticos. Con esto no quiere decir que dejaron de existir por la minimización, por ende, la política de

calidad debe abarcar todas las actividades y procesos del laboratorio, en efecto, ya no es suficiente con garantizar que se generan resultados que se ajustan a los requisitos de impresión e inexactitud, sino que debe garantizarse de un modo global la calidad de todos los procesos del laboratorio” (Burnett, 1998).

Diagrama 5. Proceso General del Laboratorio Clínico



Fuente: el autor 2015

Procesamiento de las Muestras: Es el tiempo comprendido entre la recepción de la muestra y su análisis como tal. Tiene tres fases:

- Pre centrifugación
- Centrifugación
- Almacenamiento

En la pre centrifugación es importante saber, que antes de centrifugar las muestras de sangre, se debe esperar a que se complete el coagulo a temperatura ambiente para obtener el suero, aproximadamente 20 minutos desde que se extrae la muestra. No es necesario esperar en las muestras anticoagulados (plasma). Si no se tiene este tiempo de espera, existe la posibilidad de que se forme Fibrina durante el análisis de la muestra, ya que hay un problema en la separación de las fases, problema que se puede solucionar colocando heparina de litio a la muestra.

La centrifugación es usada para separar la sangre en dos fases (plasma de las células o suero) y en otros líquidos (orina, líquidos corporales...) para la obtención del sedimento o sobrenadante.

Esta sangre debe mantenerse en su recipiente inicial cerrado hasta que se haga la separación. En la separación de suero o plasma, la sangre se centrifuga antes de las 2 horas desde la extracción durante 10 minutos de 800 a 1000 xg (gravedad) manteniendo los recipientes cerrados.

Al terminar los análisis, se sugiere almacenar las muestras si en dado caso se ve necesario realizar exámenes adicionales, comprobaciones, repeticiones, etc., sin tener que pedir una nueva muestra y volver a repetir todos los procesos anteriores. Las muestras deben almacenarse por un tiempo determinado por el laboratorio, que puede ser (Burnett, 1998):

- 4 horas aproximadamente desde la toma de sangre, se debe guardar la muestra en una nevera, donde se puede garantizar su estabilidad por 1 semana.
- También se pueden congelar las muestras durante un tiempo más tiempo, aproximadamente 3 meses dependiendo del examen que se vaya a realizar.

Los sistemas de transporte y los procedimientos que están dentro de la fase pre analítica deben mejorar y ser más ágiles para poder reducir los tiempos de respuesta, y aumentar el uso de los sistemas informáticos que permitan la transmisión en tiempo real de los resultados.

Fase Preanalítica: Conjunto de operaciones que se llevan a cabo desde que se hace la solicitud hasta que se inicia el procesamiento de la muestra. Incluye las siguientes etapas:

- Solicitud de un examen.
- Obtención y recogida de las muestras.
- Transporte de la muestra y la conservación de la muestra.
- Recepción de las muestras y de la solicitud al laboratorio
- Análisis de las muestras
- Rechazo de muestras no válidas
- Calibrar y controlar equipos
- Informe del resultado

Fase analítica: En esta fase se realizan las mediciones y observaciones en las diferentes áreas del laboratorio, la verificación de los procedimientos que realiza el proveedor, los procedimientos de control interno y la evaluación externa en calidad. Los procedimientos y materiales de control pueden variar según su especialidad. En todos los casos, en la fase analítica, deben hacerse una medición y un procedimiento de control (Vázquez & Pérez, 1998, págs. 267-274).

La fase analítica funciona con algunos elementos que se encuentran intrínsecos:

- Equipos y sistemas analíticos
- Equipos y/o elementos auxiliares
- Equipos de medición
- Técnicas analíticas cuantitativas
- Técnicas analíticas cualitativas
- Técnicas de observación

En el control del proceso, se hará el control de calidad interno, en la planeación de control de calidad se deben fijar las especificaciones de calidad.

Fase Postanalítica: En la fase postanalítica se deben realizar varios pasos importantes para asegurar la calidad y utilidad de los resultados en las mediciones del laboratorio. La fase también incluye la conformación de los resultados la puntualidad, reporte de resultados confidencialidad y los intervalos de referencia (Vázquez & Pérez, 1998).

La fase Postanalítica comprende todas las acciones posteriores a la obtención de resultado de la medición hasta la obtención del informe final por el paciente. Se deben guardar los registros de los materiales de control que incluya tipo de muestra y utilización, identificación condiciones de almacenamiento y recepción.

En esta etapa se realizan dos tipos de validación: la analítica y la final. La analítica la realiza el responsable del sistema analítico o proceso de acuerdo con los criterios de aceptación y rechazo del control interno de calidad.

Las personas que se hayan delegado, debidamente calificados, realizarán la validación final del informe analítico, que respaldará con su firma, con el fin de asegurar de que este mismo ha sido obtenido condiciones técnicas satisfactorias y concuerda con el estado del paciente.

2 DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.

La organización inicia actividades en la ciudad de Bogotá, en el año 1989, con el nombre de Escanografía del sur prestando servicios de tomografía axial y resonancia magnética durante las 24 horas del día. En 1993 se decide cambiar su razón social a Instituto de Diagnóstico Médico IDIME S.A., nombre que en la actualidad prevalece. En este mismo año inicia operación en el sector Lago aumentando su portafolio de servicios. Para el año 1997 se hace apertura de una nueva sede sobre la autopista norte, prestando los servicios de imágenes diagnósticas y laboratorio clínico por primera vez.

En el año 2000 se toma la decisión de dar inicio a la prestación de servicios fuera de la ciudad, dando apertura a la primera sede fuera de Bogotá, escogiendo la ciudad de Pereira como inicio de la cobertura nacional en el área diagnóstica, brindando apoyo a la región del eje cafetero. Después de 9 años de funcionamiento y de gran aceptación de los servicios prestados, para el 2002 inicia exploración de nuevos mercados en distintas ciudades intermedias y alianzas con IPS de alta complejidad, para la prestación de servicios inter institucionales de imágenes de tercer y cuarto nivel, resonancia, tomografía, radiología digital y medicina nuclear.

Este crecimiento generó la necesidad de afianzar los procesos internos de la institución con altos estándares de calidad, lográndose para el mes de abril de 2005 el reconocimiento por parte de ICONTEC certificación en calidad ISO 9001-2008 para imagenología, Laboratorio Clínico, Gastroenterología, cardiología diagnóstica y electro diagnóstico en Lago, Norte, Carolina, Sur, Pereira e Ibagué, certificación ampliada en los años 2009 y 2011 a 9 sedes más.

El laboratorio clínico tiene procesos apoyados en equipos automatizados los cuales se encuentran en red a nivel nacional, lo que le permite ofrecer pruebas de laboratorio general, especializado y de alta especialidad a otros laboratorios y a cualquier usuario (IDIME, Laboratorio clínico, 2015).

IDIME cuenta con un proceso estratégico que le ha permitido establecer su misión y visión. La misión de la compañía dice así:

“En IDIME S.A. nos comprometemos con la excelencia en la prestación de servicios de diagnóstico médico, laboratorio clínico y consulta externa, soportados por un equipo humano competente y una avanzada tecnología; todo respaldado por una excelente gestión administrativa y financiera para responder a las necesidades de nuestros usuarios y sus familias” (IDIME, misión y visión, 2015).

En cuanto a la visión, IDIME contempla lo siguiente:

“En el 2020 permanecer como líderes en la prestación de servicio de diagnóstico médico en laboratorio clínico e imágenes de alta complejidad y posicionarnos en los servicios ambulatorios y hospitalarios, con innovación tecnológica, responsabilidad

social, talento humano orientado hacia la excelencia con enfoque humanizado en atención segura, fortaleciendo una relación estable y duradera con nuestros usuarios y sus familias” (IDIME, misión y visión, 2015).

IDIME S.A. es una entidad prestadora de servicios de salud que lleva a cabo varias actividades económicas según el código CIIU. A continuación, se muestran las actividades más importantes:

- **86911:** Actividades de apoyo diagnóstico (excepto actividades de promoción y prevención que realicen las entidades e instituciones promotoras y prestadoras de servicios de salud de naturaleza pública o privada, con recursos que provengan del Sistema General de Seguridad Social en Salud.)
- **86921:** Actividades de apoyo terapéutico (excepto actividades de promoción y prevención que realicen las entidades e instituciones promotoras y prestadoras de servicios de salud de naturaleza pública o privada, con recursos que provengan del Sistema General de Seguridad Social en Salud.) (Contabilidad, 2015).

2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La empresa está estructurada en tres grandes áreas (ver Diagrama 6), la primera la componen la junta directiva, gerente general, director científico, director científico del laboratorio y Gerentes de proceso, los cuales están encargados de tomar las decisiones más relevantes de la organización.

La segunda es el área administrativa que está conformada por los directores, coordinadores y dueños de proceso, quienes se encargan del manejo administrativo de la empresa, las compras, las ventas, el bienestar, la nómina, contrataciones, entre otras, todo esto de manera más general, al igual que velar por que cada área obtenga los resultados que espera la gerencia.

La tercera área está constituida por los supervisores de operación, médicos, bacteriólogos, auxiliares, tecnólogos, entre otros, aquellos que son responsables del servicio o parte productiva de la empresa.

2.3 ESTRUCTURA LABORATORIO CLÍNICO.

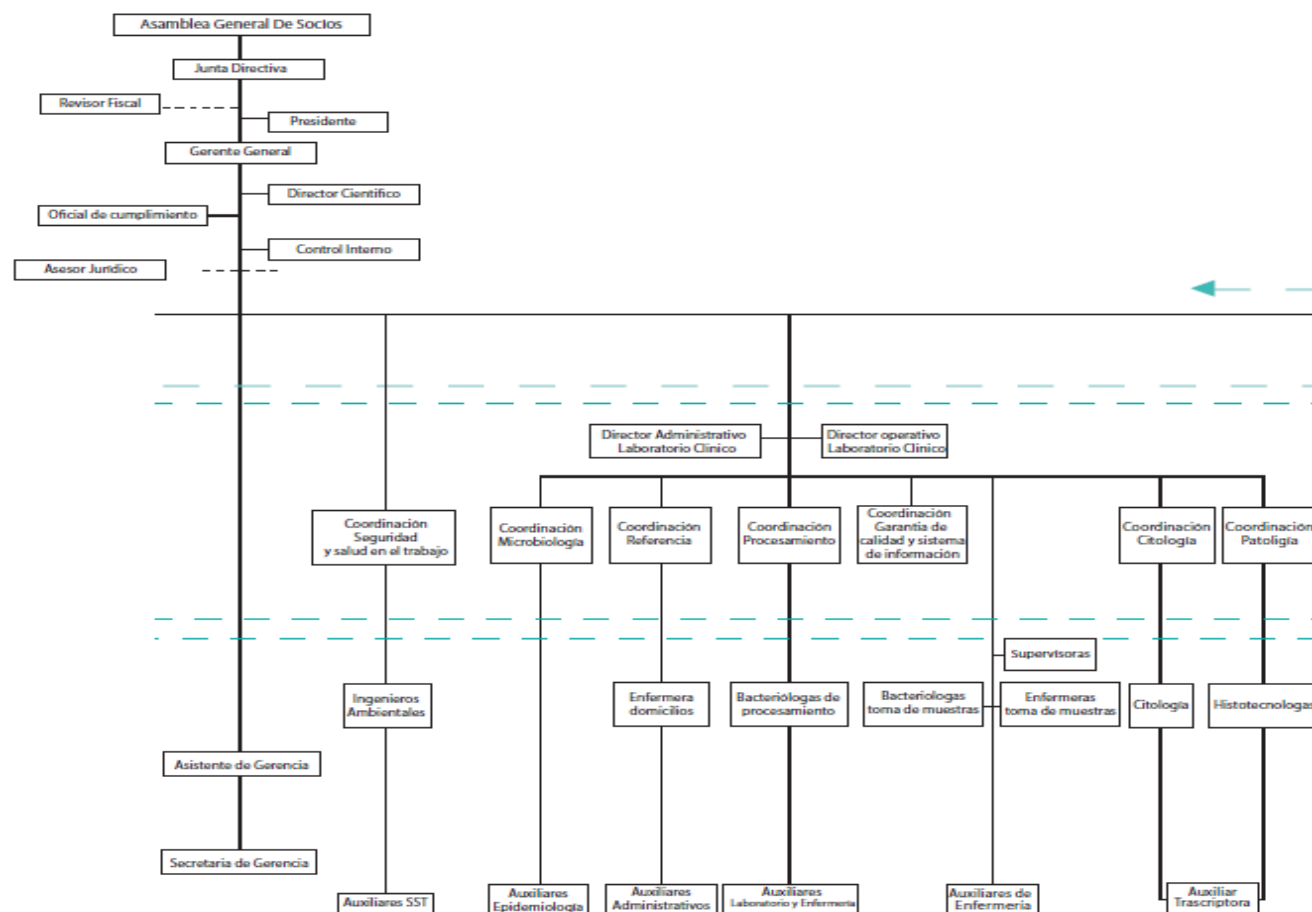
El área del laboratorio clínico está conformada por la gerencia general, el director científico, quienes están encargados de tomar las decisiones más relevantes, negociar con los clientes, buscar nuevos mercados, encontrar precios y costos adecuados para el laboratorio clínico.

El coordinador(a) del laboratorio es la persona que está encargada de negociar con los clientes más relevantes y mantener el buen funcionamiento del laboratorio, la coordinadora de procesamiento encargada de velar por todo lo que se relaciona al personal (horarios sábados y domingos, nomina, permisos y vacaciones), hacer cumplir las funciones de personal a su cargo, coordinar el buen funcionamiento del laboratorio.

La coordinadora de referencia es la encargada de hacer cumplir las funciones de su personal las cuales son: recolección de muestras, recepción y verificación de muestras, revisión de remisiones, servicio al cliente, firma y entrega de reportes y contrarreferencia.

La coordinación garantía de calidad busca asegurar la estandarización, reproducibilidad y exactitud de las mediciones, garantizando el buen desempeño de las pruebas para alcanzar la calidad analítica en los resultados obtenidos, y la persona encargada de gestionar el servicio al cliente y el mejoramiento continuo del laboratorio (ver Figura 2).

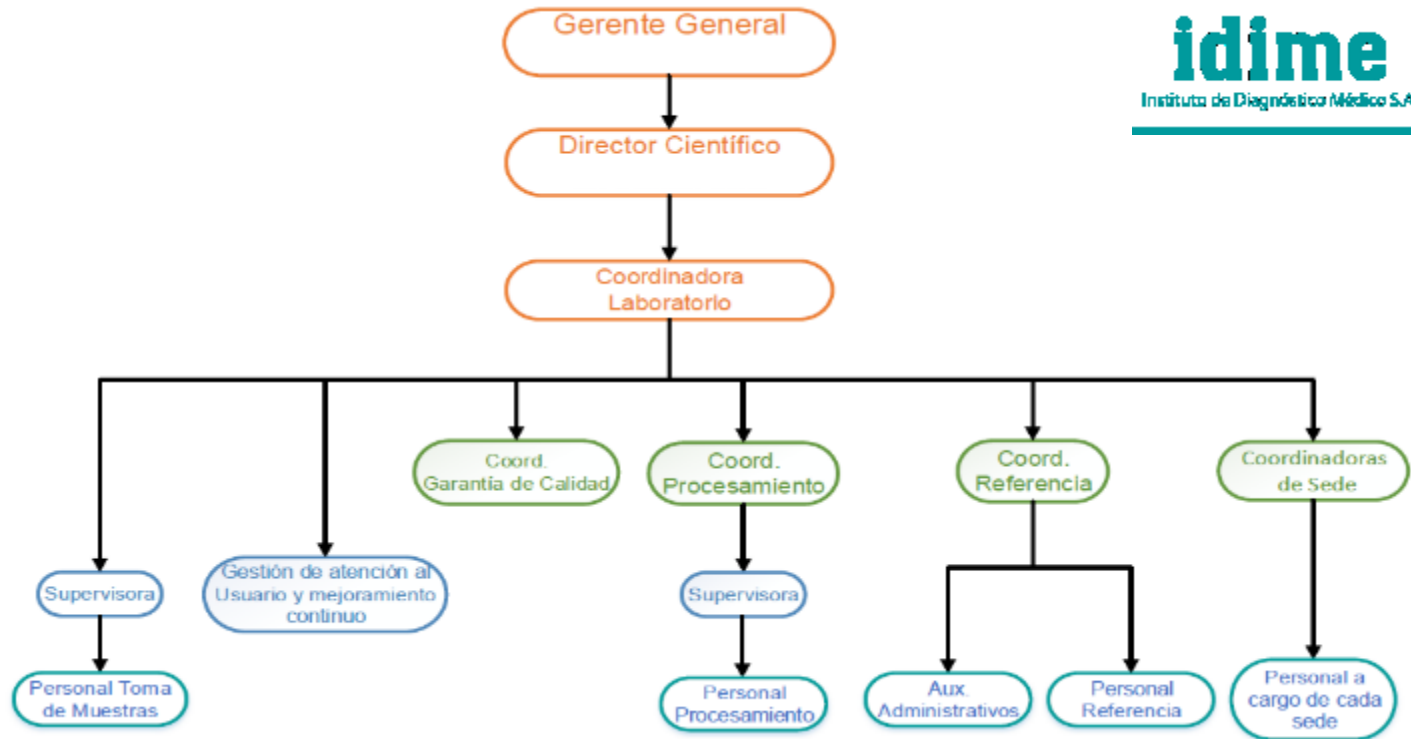
Diagrama 6. Organigrama Funcional IDIME S.A.



Fuente: Sistema de gestión de calidad. 2015

En la siguiente se puede ver la estructura del laboratorio clínico por jerarquías, que hasta el día de hoy es llevado por el laboratorio.

Figura 2. Organigrama Laboratorio Clínico



Fuente: El autor 2015

2.3.1 Pruebas procesadas en el laboratorio clínico. El laboratorio clínico es una unidad de apoyo diagnóstico en el sector salud, que puede ser estudiado como un sistema que tiene insumos y mediante diferentes fases de un proceso como lo son; la recepción, el análisis y el informe de los resultados, se convierte en una herramienta fundamental para la evaluación clínica y diagnóstica de los usuarios o clientes.

El laboratorio maneja un portafolio de sus diferentes tipos de exámenes clasificados de la siguiente manera:

- Laboratorio clínico general
- Laboratorio clínico especializado
- Laboratorio clínico de alta especialidad

En la Tabla 4 se observan los exámenes de más alto volumen en las áreas de química y hormonas, que en su mayoría se encuentran en el laboratorio clínico general.

Tabla 4. Pruebas, código Interno y código Cups

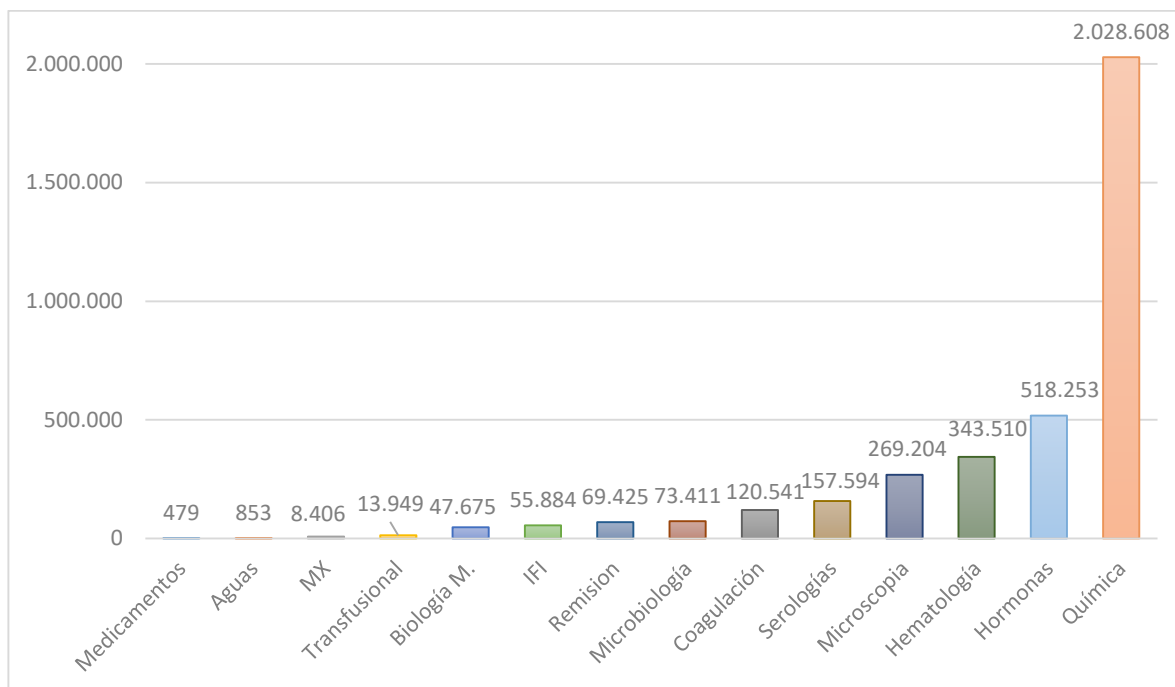
COD IDIME	COD CUPS	NIVEL	EXAMEN
L041	902210	1	HEMOGRAMA IV
L038	903825	1	CREATININA SERICA
L068	903841	1	GLICEMIA BASAL
K610	903859	2	POTASIO EN SUERO
K016	903810	2	CALCIO EN SUERO
KF44	903835	2	FOSFORO INORGANICO EN SUERO
K164	904904	2	HORM ESTIMUL TIROIDES- TSH
L160	903868	1	TRIGLICERIDOS
L024	903818	1	COLESTEROL TOTAL
L013	903856	1	BUN - UREA
L009	903815	1	COLESTEROL ALTA DENSIDAD HDL
L078	902213	1	HEMOGLOBINA-HEMATOCRITO
L159	903866	2	ALANINO AMINOTRANSFERASA (GPT)
L158	903867	2	ASPARTATO AMINO TRANSFERASA (GOT)
K582	903426	2	HEMOGLOBINA GLICOSILADA
L003	903803	3	ALBUMINA SERICA
KM41	903026	3	MICROALBUMINURIA ORINA PARC
K609	904912	2	HORM PARATIROIDEA MOLEC INT
K524	906317	2	HEPATITIS B ANTIGENO DE SUPERFIC
K619	903864	2	SODIO EN SUERO
L056	903833	3	FOSFATASA ALCALINA
LP21	903815	1	PERFIL LIPIDICO

COD IDIME	COD CUPS	NIVEL	EXAMEN
K084	906249	1	VIH ANTICUERPOS
L001	903801	1	ACIDO URICO EN SUERO
K513	906225	2	HEPATITIS C ANTICUERPOS
K630	904921	2	TIROXINA LIBRE (T4L)
K526	906610	2	ANTIGENO ESPECIFICO DE PROSTATA
K190	903016	2	FERRITINA
K523	906223	1	HEPATITIS B AC HBS - ANTI HBS
KG10	903839	2	GASES ARTERIALES UCI
L026	903816	1	COLESTEROL BAJA DENSIDAD (LDL) ENZIMATICO
L011	903809	1	BILIRRUBINAS DIFERENCIADAS
K546	903813	3	COLOR EN SUERO
K587	903812	2	CAPACIDAD TOTAL DE FIJACION DEL HIERRO (TIBC/UIBC)
K613	903862	2	PROTEINAS EN ORINA DE 24 HORAS
K157	906127	2	TOXOPLASMA GONDII AC IG G
K153	906129	2	TOXOPLASMA GONDII AC IG M
K586	903846	2	HIERRO SERICO
KM45	903026	3	MICROALBUMINURIA POR NEFELOMETRIA
K065	906625	2	GONADOTROPINA CORIONICA

Fuente: El autor 2014

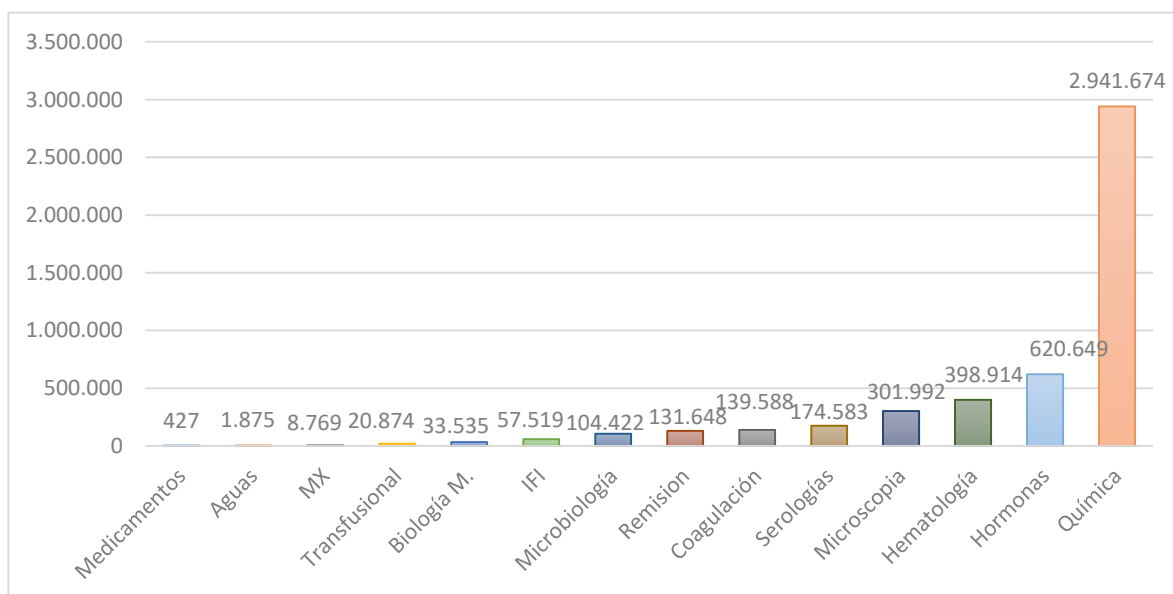
El proyecto se hizo en el área de química y hormonas con los exámenes de rutina; ya que son los exámenes de mayor volumen como se observa en la Gráfica 3 y Gráfica 4 es decir, con los que mayor incumplimiento de entrega se presenta.

Gráfica 3. Exámenes realizados por área en el año 1



Fuente: El autor del proyecto 2016

Gráfica 4. Exámenes realizados por área en el año 2



Fuente: El autor del proyecto 2016

2.3.2 Proceso laboratorio clínico – áreas de química y hormonas. El proceso de un examen de laboratorio es realizado de acuerdo a los convenios que se tengan con otras entidades: IPS, EPS, clientes particulares, campañas, entre otros.

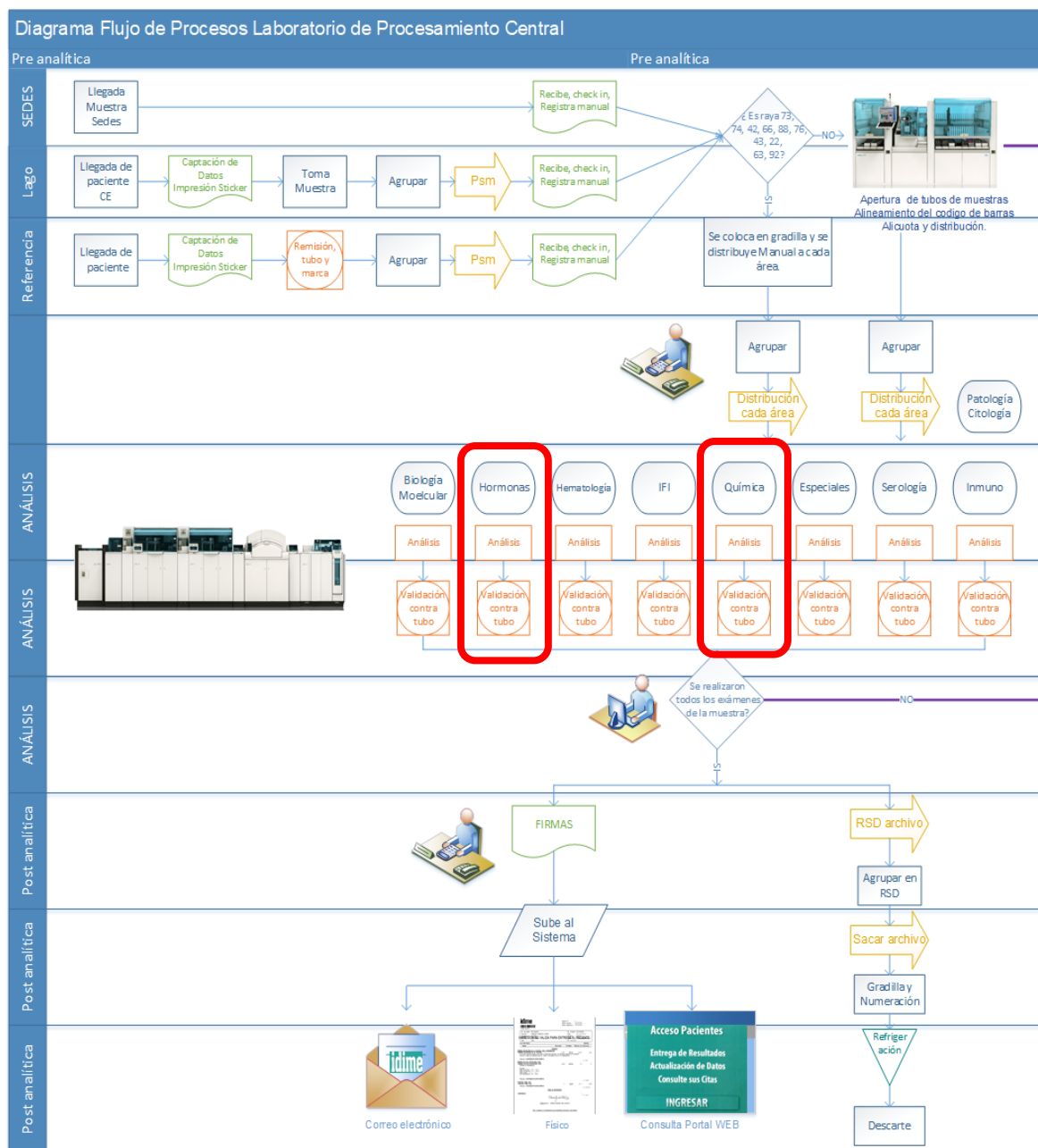
Las muestras pueden ser tomadas en las propias sedes de IDIME S.A., las cuales se obtendrán acorde a lo establecido en el protocolo de Toma de Muestra. Si las muestras pertenecen a servicios externos o no declarados por IDIME S.A., se deben recolectar de acuerdo con los protocolos que establece cada entidad. De cualquier forma, deben ser obtenidas en los recipientes primarios que corresponda según la preparación o la fecha de montaje.

Después a la toma de la muestra se requieren llevar a cabo distintas actividades que garanticen una adecuada separación y conservación de las muestras antes de ser procesadas; las actividades o fases son las siguientes ver (Diagrama 7):

1. Fase Pre analítica
2. Fase Analítica o procesamiento
3. Fase Post analítica

Cabe aclarar que la empresa en el área del laboratorio clínico, a pesar de tener la certificación en calidad ISO 9001 – 2008 otorgada por ICONTEC, no posee diagramas de proceso detallados como los que se presentan a continuación.

Diagrama 7. Ruta de procesamiento del análisis de muestras



Fuente: El autor del proyecto 2016

2.3.3 Fase Preanalítica. Conjunto de operaciones que se llevan a cabo desde que se hace la solicitud hasta que se inicia el procesamiento de la muestra. Incluye las siguientes etapas (ver Diagrama 8)

- Solicitud de un examen.
- Obtención y recogida de las muestras.
- Transporte de la muestra y la conservación de la muestra.
- Recepción de las muestras y de la solicitud al laboratorio
- Análisis de las muestras
- Rechazo de muestras no válidas
- Calibrar y controlar equipos
- Informe del resultado

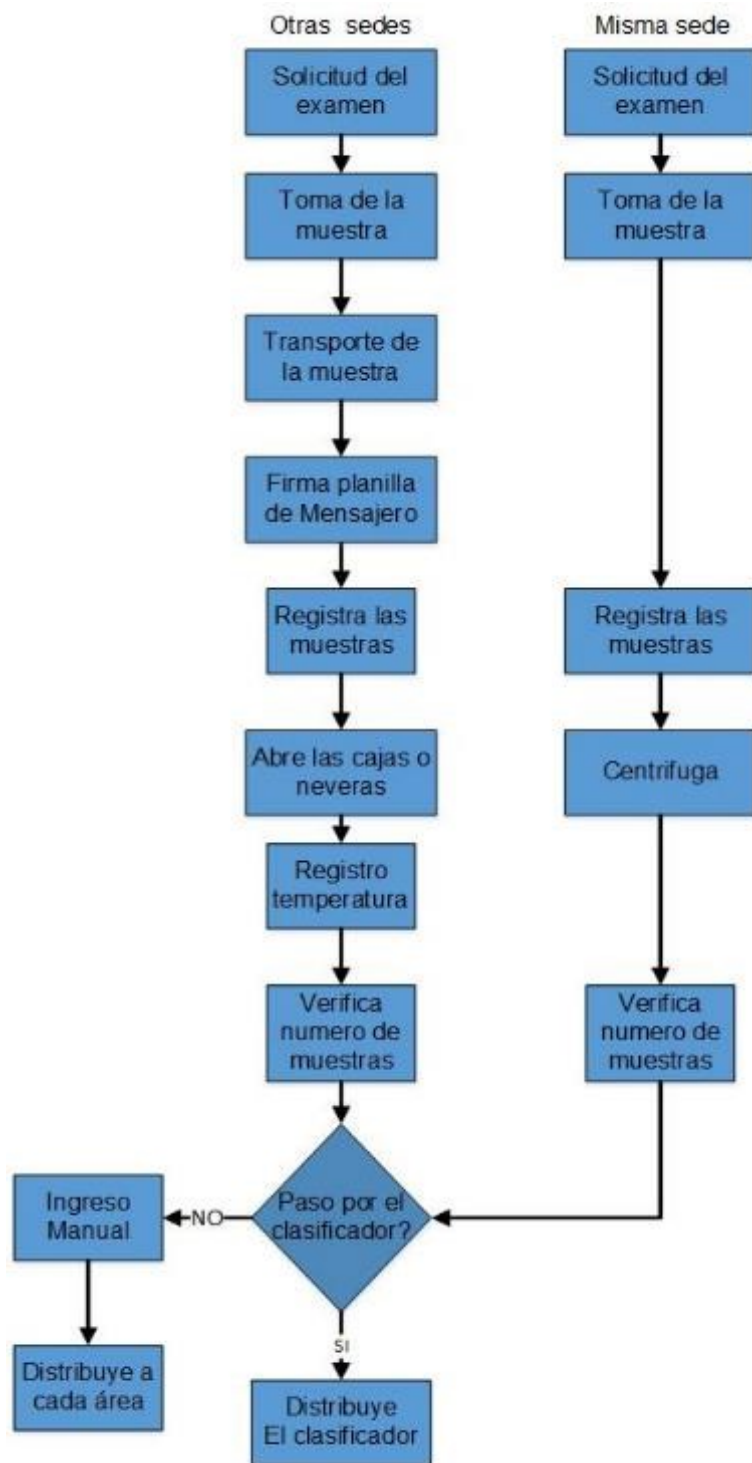
La fase preanalítica es considerada la fase más crítica, ya que en ella se produce un número considerable de errores y donde se puede perder bastante tiempo. Hasta hace pocos años esta fase era totalmente manual pero la tendencia es la informatización, robotización y automatización (Burnett, 1998).

La solicitud incorrecta de un análisis es la principal causa de los errores que retrasan el proceso del análisis de la muestra, es indispensable disponer de forma inequívoca de los datos que identifican al paciente, médico y examen a realizar. Al igual es importante conocer el diagnóstico o la sospecha clínica del tratante y así poder evitar repetir las pruebas que arrojan un resultado fuera del rango de referencia.

El laboratorio tiene la responsabilidad de dar a conocer a todos los tratantes o médicos estos parámetros, así como todas las instrucciones precisas sobre el correcto diligenciamiento de la orden o impreso correspondiente. Esta orden o impreso deben tener como mínimo y de forma legible los siguientes datos:

- Identificación del paciente
- Nombres y apellidos completos
- Número de seguridad social
- Datos del medico
- Nombre completo
- Número de identificación
- Diagnóstico o sospecha clínica
- Exámenes solicitados

Diagrama 8. Fase Preanalítica



Fuente: Autor del proyecto 2015

A continuación, se detallan los aspectos de cada una de las actividades que componen a la fase preanalítica.

• Toma de Muestras

Después de realizada la solicitud y citado el paciente, este debe desplazarse al lugar de extracción de las muestras, en otros casos es el mismo personal del hospital o el establecimiento quien hace la extracción. La obtención de las muestras es muy impórtate, ya que, si el paciente no tiene la preparación necesaria o adecuada, las muestras no se obtienen de la mejor manera, no están convenientemente tratadas o se produce algún problema de identificación, el resultado de los exámenes se puede ver gravemente afectados. Cuando son obtenidas las muestras, se le coloca la etiqueta o el *sticker* con el número de identificación el cual corresponde a una serie de exámenes. Los *sticker* o las etiquetas por lo general contienen números y/o códigos de barras (Burnett, 1998).

• Transporte de Muestras

Una vez que se realiza la extracción, las diferentes muestras deben ser organizadas por número de procedencia para hacer más fácil el transporte y la recepción. Al igual se debe hacer la respectiva verificación antes de ser transportadas las muestras de la correcta identificación, de la orden y de la identificación del paciente. La verificación se puede llevar a cabo manualmente, código de barras, etc.

El transporte se realiza en recipientes adecuados, resistentes a filtración, choques, y cambios de presión, con material que tenga la característica de absorción y cierre hermético.

Las condiciones de la temperatura para el transporte y almacenamiento deben ser las apropiadas para poder garantizar la estabilidad de la muestra, de acuerdo a lo establecido en el manual de procedimientos del laboratorio clínico.

Existen una serie de normas básicas generales establecidas para cada tipo de muestra (Burnett, 1998):

- Sangre: las muestras de sangre deben ser recibidas por el laboratorio en dos horas como máximo. Durante el transporte, debe evitarse la agitación (posible hemolisis) y se deben proteger de la exposición directa de la luz (debido a la degradación de algunos constituyentes, como la bilirrubina). Para exámenes como el Lactato, amonio, renina plasmática, fosfatasa ácida, entre otros, las muestras deben mantenerse refrigerados a 4°C, inmediatamente después de la toma.
- Los tubos de sangre deben estar en posición vertical en el transporte, con el tapón hacia arriba, lo que favorece la formación completa del coagulo y reduce la agitación del contenido del tubo.
- Orina: las muestras de orina se recogen y transportan en recipientes de plástico estériles y desechables.
- La orina de pacientes pediátricos se recoge en bolsas de polietileno, que se deben sellar para el transporte.

- Heces: se puede transportar en los mismos recipientes para las orinas que anteriormente se mencionó.
- Otros líquidos: las mismas recomendaciones a las de sangre.

Para evitar el congelamiento de las muestras se utiliza un contenedor de dióxido de carbono sólido (hielo seco), con una temperatura de -70°C .

Cuando las muestras provienen del exterior, (sede de extracción lejano, perteneciente a otro laboratorio), debe ser embalado de una manera especial y una adecuada manipulación de la muestra y así poder garantizar la estabilidad de la muestra.

• Recepción de Muestras

Es necesario un buen orden del área y disponer de las personas que sean convenientes. En esta área de recepción se deben colocar las muestras que vienen tanto de la toma de muestras, sedes, otros laboratorios, consulta externa, entre otros.

Se hace la recepción de la orden y de la muestra, para poder hacer esta aceptación o el ingreso al laboratorio, se debe hacer la verificación física de las muestras y su identificación, se controla el tiempo desde la extracción y la temperatura a la que se ha expuesto la muestra. En esta área se registran las horas de llegada, el registro del ingreso de la muestra, incidentes detectados, solicitudes incongruentes o redundantes, protocolos inadecuados, entre otras (Burnett, 1998).

Cuando tanto las muestras y las solicitudes son aceptadas, las muestras se clasifican, se centrifugan cuando es necesario, destapadas, y si es necesario se hace una alícuota.

En la actualidad y por lo general en los grandes laboratorios hay una tendencia a automatizar varias de estas actividades por medio de sistemas preanalíticos robotizados los cuales son controlados por un sistema informático, lo que permite aumentar la capacidad de trabajo, aumentar la seguridad biológica y lo más importante, reducir los errores.

2.3.4 Fase analítica. Esta fase transcurre desde la toma de la muestra y su transporte, hasta su respectiva validación de resultados.

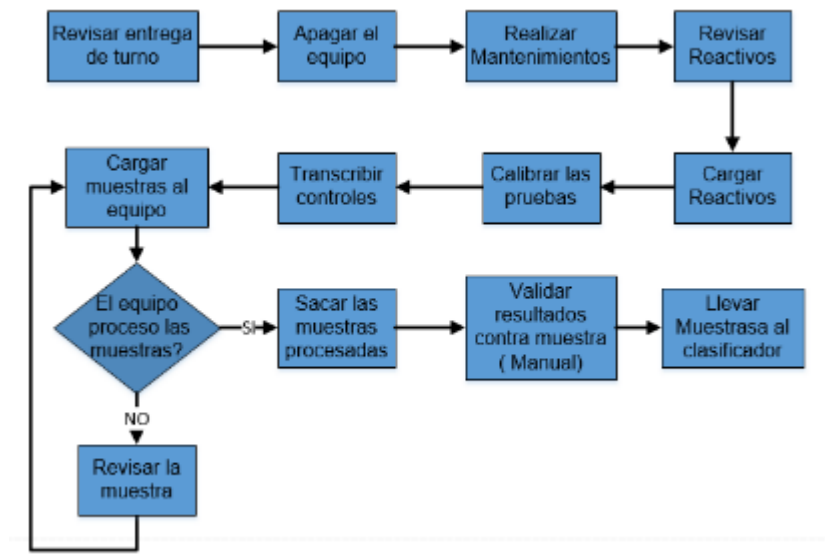
A continuación, se describe el paso a paso de la fase analítica (ver Diagrama 9).

1. Verificar los insumos requeridos para el procesamiento de acuerdo con los consumos reflejados en el kardex y solicitándolos al proceso de almacén y compras.
2. Activando los iconos correspondientes a los aplicativos del laboratorio, según se requiera en el área de trabajo de procesamiento asignada. Activando también el icono de las interfaces en el equipo de cómputo donde se encuentre instalada,

con el fin de que los analizadores transmitan los resultados al sistema del laboratorio. Si el equipo no lee código de barras, la programación del equipo se lee código de barras, la programación del equipo se realiza ingresando los números de identificación de las muestras.

3. Revisar condiciones Ambientales: control y registro de temperaturas de equipos y áreas del laboratorio clínico.
4. Realizar mantenimiento diario del analizador, dejándolo registrado en la lista de chequeo de cada equipo o en el analizador (para aquellos analizadores que aplique).
5. Procesar los controles de calidad de acuerdo con el analizador y pruebas a procesar, analizando el resultado de los controles, realizando las acciones de acuerdo con los resultados.
6. Procesado de las muestras de acuerdo con las especificaciones técnicas de los analizadores y a los analíticos a determinar. Siguiendo los manuales de Montaje y lavado y actividades por secciones. Si se evidencia alguna inconsistencia en las condiciones de las muestras se establecerá comunicación con el proveedor de la misma, para aclarar la situación y en el caso en el que aplique levantará producto no conforme.
7. Se revisa que los resultados se encuentren en el sistema del laboratorio por número consecutivo asignado. Para aquellas pruebas que se procesan de manera manual o que el analizador no cuenta con interfaz se debe pasar manualmente, verificando que el número de la muestra corresponda con el del sistema y transcribiendo cuidadosamente el resultado al sistema.

Diagrama 9. Fase analítica



Fuente: El autor 2015

2.3.5 Fase Postanalítica. Esta fase comprende el proceso de firma de resultados del laboratorio clínico, ya que es el último filtro del área de procesamiento y paso final para permitir la entrega del resultado al cliente. En esta fase se hace la comparación de la parte clínica del resultado y así poder identificar y corregir las fallas que se presentan durante las fases anteriores (preanalítica y analítica).

La firma es el último paso de revisión que es realizado a un reporte clínico, este proceso es llevado a cabo por un profesional en bacteriología, los pasos para validar los resultados son:

1. Relación de exámenes pendientes y urgencia.
2. Escribir en una planilla los exámenes diariamente.
3. Ingreso al software del laboratorio clínico
4. Revisión y firma del resultado
5. Entrega, envío de resultados y manejo de anexos.

2.3.6 Turnos de trabajo. En el laboratorio clínico se trabajan las 24 horas del día en tres turnos al día diferentes en la mayoría de casos. A continuación, se muestra en la Tabla 5 y Tabla 6, los horarios y cantidad de personal que manejan las áreas.

Tabla 5. Horarios área de procesamiento

HORARIOS			
Área Preanalítica	Lunes - Viernes	Sábado	Domingo
Turno 1	6:00 a.m. - 2:00 p.m.	6:00 a.m. - 6:00 p.m.	7:00 a.m. - 4:00 p.m.
Turno 2	2:00 p.m. - 10:00 p.m.	7:00 a.m. - 7:00 p.m.	9:00 a.m. - 6:00 p.m.
Turno 3	10:00 p.m. - 6:00 a.m.	6:00 p.m. - 6:00 a.m.	10:00 p.m. - 6:00 a.m.
Referencia	Lunes - Viernes	Sábado	Domingo
Turno 1	9:00 a.m. - 6:00 p.m.	6:00 a.m. - 6:00 p.m.	
Turno 2	7:00 a.m. - 4:00 p.m.	9:00 a.m. - 6:00 p.m.	
Turno 3	2:00 p.m. - 10:00 p.m.	7:00 a.m. - 7:00 p.m.	
Área procesamiento	Lunes - Viernes	Sábado	Domingo
Turno 1	6:00 a.m. - 2:00 p.m.	6:00 a.m. - 6:00 p.m.	6:00 a.m. - 2:00 p.m.
Turno 2	2:00 p.m. - 10:00 p.m.		9:00 a.m. - 6:00 p.m.
Turno 3	10:00 p.m. - 6:00 a.m.	6:00 p.m. - 6:00 a.m.	
Área de firmas	Lunes - Viernes	Sábado	Domingo
Turno 1	6:00 a.m. - 2:00 p.m.	7:00 a.m. - 7:00 p.m.	7:00 a.m. - 4:00 p.m.
Turno 2	2:00 p.m. - 10:00 p.m.	6:00 a.m. - 6:00 p.m.	9:00 a.m. - 6:00 p.m.
Turno 3	10:00 p.m. - 6:00 a.m.	6:00 p.m. - 6:00 a.m.	9:00 a.m. - 6:00 p.m.

Fuente: El autor 2015

Tabla 6. Número de personas área de procesamiento

			No de personas			
CARGO	AREA	T1	T2	T3	T4	T5
Auxiliar Laboratorio	PRE ANALITICA	1	1	1		
Auxiliar Laboratorio	REFERENCIA	1	1	1		
Bacteriólogo(a)	QUIMICA	1	1	1		
Bacteriólogo(a)	HORMONAS	1	1	1		
Bacteriólogo(a)	QUIMICA Y HORMONAS ESPECIALES (ARCHITEC-COBAS- INMULITE)	1	1	1		
Bacteriólogo(a)	FIRMAS	3	3	1		

Fuente: El autor 2015

2.3.7 Equipos Laboratorio. Idime S.A. se caracteriza por ser una empresa de alta tecnología como se muestra en su misión y visión. La renovación constante de los equipos en cada una de las áreas permite contar con una de las mejores tecnologías del país, a continuación, se mencionan algunos de los equipos del laboratorio y los que se tratarán a lo largo del proyecto (Médicos, Equipos laboratorio, 2016).

- ALLIFAX
- MICROSCOPIOS
- GEMINI
- PHD
- CENTRIFUGAS
- ANALIZADOR PRE ANALITICO R S D PRO
- ANALIZADOR INMUNOQUIMICA 2 ARCHITECT i 2000-8000
- IMMULITE 2000
- ANALIZADOR INMUNOQUIMICA MODULAR PE EVO
- ANALIZADOR QUIMICA MODULAR EVO PP
- ANALIZADOR HORMONAS MODULAR EVO EE
- AUTO VUE
- SEROTECAS (Cuartos fríos)

Equipo de automatización Preanalítica (Rsd Pro): es el encargado de destapar y distribuir las muestras a las diferentes áreas del laboratorio, colocando las muestras en diferentes bandejas asignadas, las cuales serán recogidas por las personas

encargadas de cada sección; esta automatización pre analítica flexible, que es utilizado en varios centros a nivel mundial, donde es posible aumentar la eficacia y la productividad del laboratorio. Este sistema reduce la complejidad del trabajo, mejora la calidad y busca fomentar un ambiente laboral satisfactorio (Médicos, Equipos laboratorio, 2016).

Los sistemas preanalíticos ofrecen un buen nivel de adaptación según las necesidades específicas de los clientes, ofreciendo integración y consolidación en su operación. Al terminar el proceso se realiza el archivo de las muestras las cuales son guardadas por un tiempo en los cuartos fríos (ver Imagen 4).

Imagen 4. Analizador Preanalítica



Fuente: El autor de proyecto basado en fotografía tomadas en el laboratorio clínico de Idime S.A. 2016

Equipo analizador química: plataforma analítica automatizada, del área de suero (SWA) para química clínica e inmunoquímica que es ampliable y adaptable a las condiciones del sitio de trabajo (ver imágenes 3, 4, 5).

Imagen 5. Analizador Hormonas



Fuente: El autor de proyecto basado en fotografía tomadas en el laboratorio clínico de Idime S.A. 2016

Imagen 6. Analizador Química



Fuente: El autor de proyecto basado en fotografía tomadas en el laboratorio clínico de Idime S.A. 2016

Imagen 7. Analizador Inmunoquímica



Fuente: El autor de proyecto basado en fotografía tomadas en el laboratorio clínico de Idime S.A. 2016

2.3.8 Mantenimiento Equipos. Los dispositivos o equipos médicos son bienes que tienen un efecto directo sobre la vida humana. Exigiendo una inversión importante y muchas veces los costos de mantenimiento son altos. Por ende, es muy importante tener un programa de mantenimiento adecuadamente planificado y gestionado, para que los equipos del laboratorio sean fiables y estén a punto para cuando sean utilizados en los procesos de diagnóstico. También, este programa prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los costos relacionados con su posesión (Médicos, Mantenimiento de equipos, 2016) .

Una estrategia de mantenimiento incluye procedimientos de inspección y también de mantenimiento preventivo y correctivo. Las inspecciones de funcionamiento solo aseguran que el equipo funciona correctamente, los mantenimientos preventivos se realizan con el fin de prolongar la vida útil de los equipos y reducir la frecuencia de adversidades.

En el Laboratorio clínico se realizan mantenimientos diarios, quincenales, mensuales, trimestrales, entre otros. La frecuencia de los mantenimientos es dada por el proveedor y en algunos casos convenidos proveedor – cliente, para garantizar el buen funcionamiento del equipo y la confiabilidad de los resultados arrojados por los mismos. A continuación, se muestra una tabla con los respectivos procesos que se deben realizar y su frecuencia (ver Tabla 7).

Tabla 7. Mantenimiento equipos Inmunoquímica

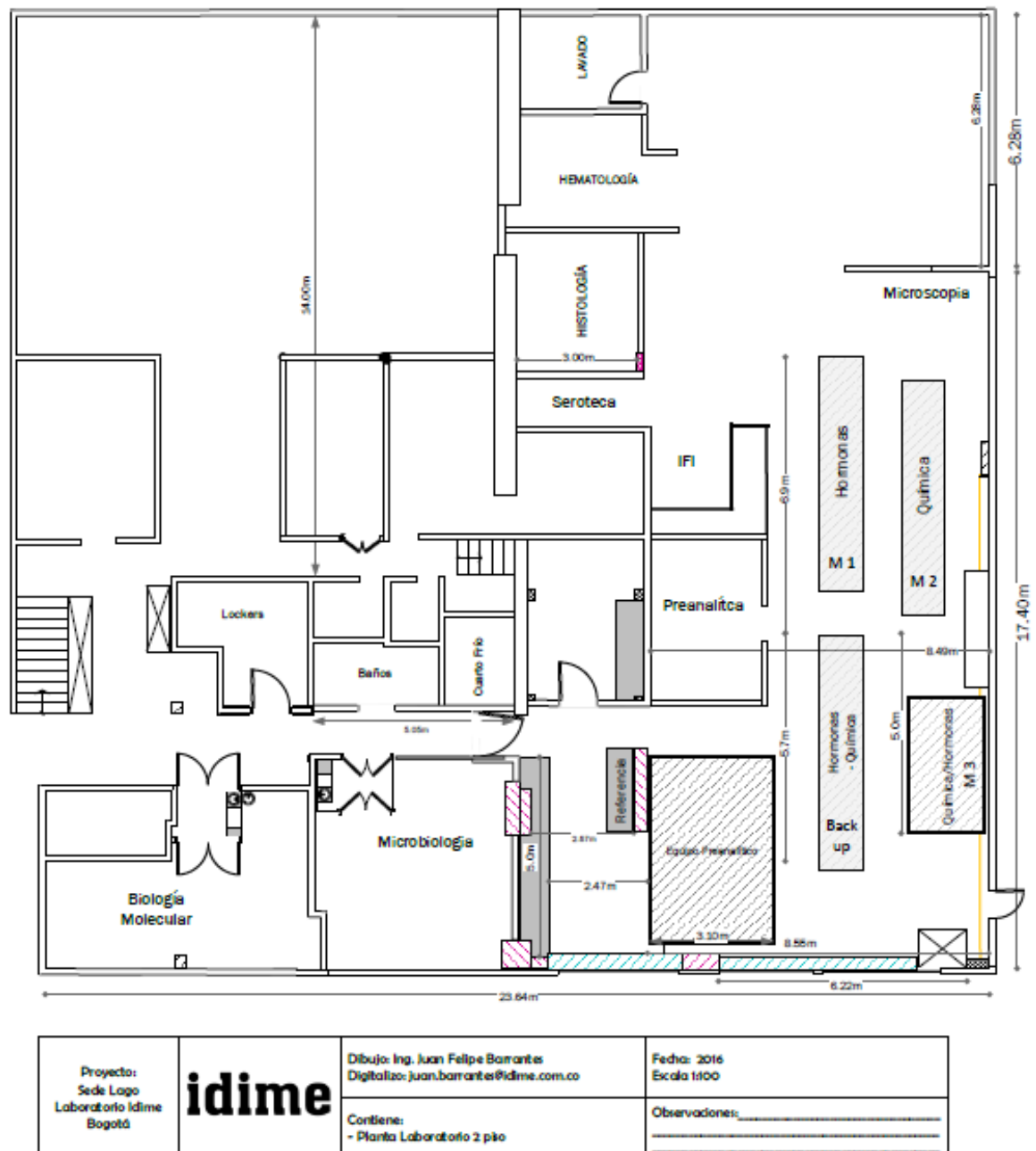
Hormonas	Química
Diario	Diario
Chequear reservorio de agua	Desocupar el contenedor de desechos
Realizar Limpieza externa	Limpieza unidades de lavado
Realizar limpieza manual	Ajustes de pipetas
Reset	Chequeo de agua
Chequear inventario de reactivos	Chequeo nivel de reactivos
Chequear soluciones de trabajo	Limpieza externa
Desocupar desechos líquidos	Rack verde
Semanal	Semanal
Limpieza tanque de desechos	Lavado de cubetas
Chequeo de trampa de agua	Blanco de cubetas
Limpieza agua llenado de pc/CC	Chequeo de trampa de agua
Limpieza estación de pre clean M	Mensual
Limpieza del incubador	Cambiar manguera ISE
Limpieza del vortex	Limpieza de estaciones de agua y mezclador
Quincenal	Limpieza filtro nevera
Limpieza paso de flujo liquido con ISE}	Revisar tanque de vacío
Limpieza rotor de reactivos	Limpieza baño de incubación
Mensual	Limpieza tanque de agua
Limpieza reservorio de agua	Trimestral
Limpieza reservorio de PC/CC	Limpieza filtro de entrada de agua
Limpieza soportes de PC/CC	Limpieza ventiladores de nevera
Back up	
Trimestral	
Limpieza filtro agua	
Limpieza ventiladores	
Semestral	
Cambio de electrodo de referencia	
Mantenimiento Preventivo por ING.	

Fuente: El autor de proyecto basado en documentos del laboratorio clínico de Idime S.A. 2016

2.3.9 Distribución de planta. A continuación se observan las dos áreas del laboratorio clínico (Lago) ubicadas en la calle 76 No. 13 – 46 en Bogotá, en la Figura

3 se encuentra el área de procesamiento central, donde se cuenta con las áreas de proceso y almacén de reactivos. En la Figura 4 está el área administrativa del laboratorio donde se encuentran las coordinadoras, auxiliares administrativos y el servicio de atención al cliente.

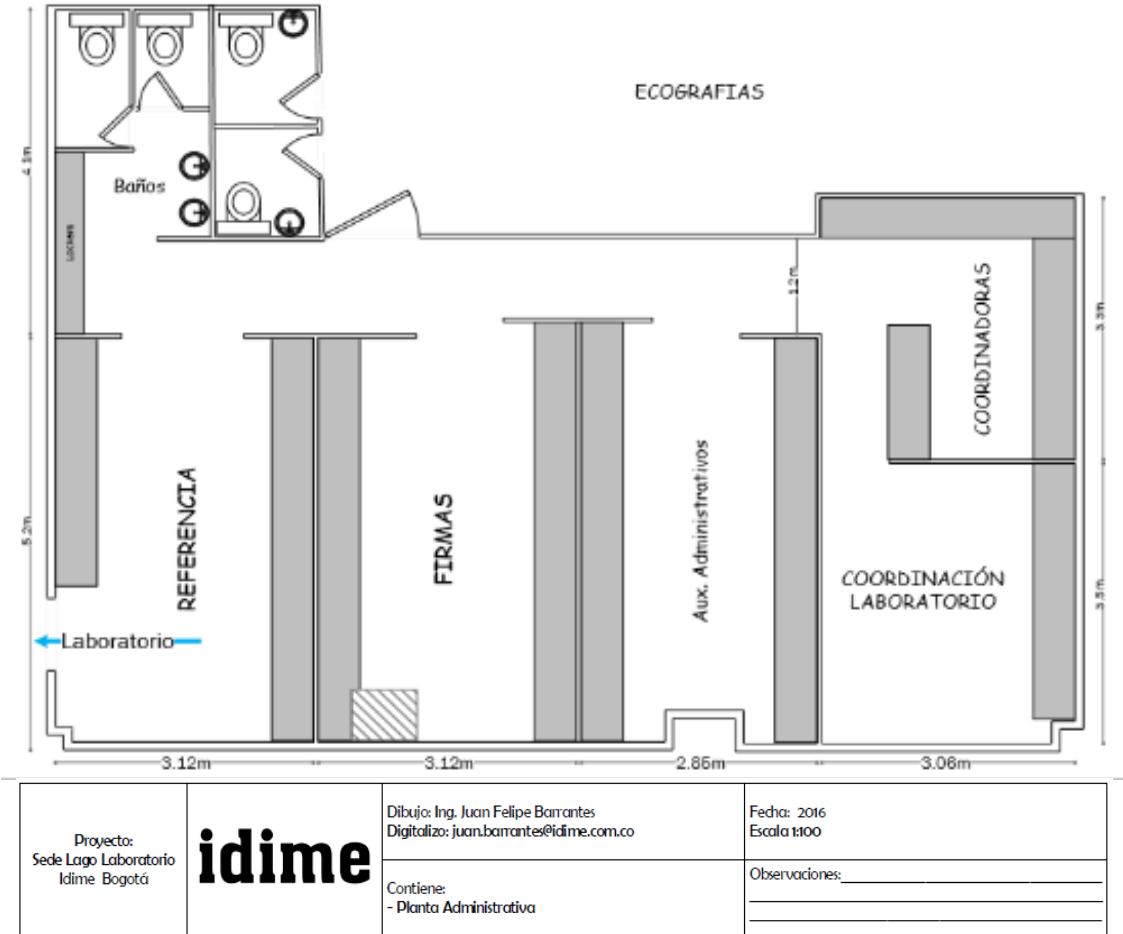
Figura 3. Distribución de planta Laboratorio Clínico IDIME S.A.



Fuente: El autor 2016

Las zonas con achurado de la anterior figura corresponden a las áreas en las tuvo lugar la ejecución de este proyecto.

Figura 4. Distribución administración laboratorio IDIME S.A



Fuente: El autor 2016

2.3.10 Análisis DOFA. Se utiliza una matriz DOFA para identificar aquellos problemas que necesita intervenir la organización, y también para encontrar el mejor acoplamiento entre las tendencias del medio, las oportunidades, amenazas y las capacidades internas, fortalezas y debilidades de la misma.

En la Tabla 8 se evidencia lo siguiente: en las fortalezas el laboratorio cuenta con sistemas automatizados los cuales brindan confianza y eficiencia., recurso humano altamente calificado, con el fin de servir de la mejor manera al usuario.

Por lo tanto, la gran debilidad se encuentra en la planeación improvisada del proceso, programación de la actividades y personal y el escaso control del proceso, administración de la capacidad instalada, gestión de la demanda, lo que conlleva a una inoportunidad en la entrega de los resultados, temática que se trató en este

proyecto, buscando transformar estas debilidades en fortalezas, ya que se puede replicar en los demás servicios de la empresa.

En las oportunidades cabe resaltar que la empresa debe explorar más mercados como las cuentas de alto costo, particulares, planes complementarios, entre otros, lo cual ayudara a la compañía a tener más ventajas sobre sus competidores.

Para contrarrestar las amenazas la empresa debe mejorar sus procesos en la prestación del servicio de apoyo diagnóstico, por medio de herramientas que eleven la eficiencia y así estar preparados al entorno cambiante, tanto del sector salud, el mercado, la competencia, entre otros.

Tabla 8. Matriz DOFA

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
O1. Presencia en 24 ciudades de Colombia. O2. Cubrimiento de zonas desprotegidas del país. O3. Ampliar los mercados con pruebas diferentes no convencionales. O4. Calidad en los procesos. O5. Explorar nuevos nichos de mercado. O6. Ampliar los portafolios de los nichos que se tienen. O7. Actualización de los equipos O8. Examinar en otras áreas como captación de alto costo, particulares, planes complementarios, entre otros. O9. Negociaciones nacionales.	A1. Niveles de competencia elevados (mares rojos). A2. Guerra del centavo A3. Competencia desleal A4. Cambios del sector salud y del entorno económico. A5. Desconocer la competencia. A6. Fortalecimiento de la competencia. A7. Poca regulación en los temas de tarifas. A8. Competencia menor costo – menor calidad. A9. Alianzas entre proveedores y clientes. A10. Continúan las quejas por inoportunidad en la entrega de resultados.
FORTALEZAS	DEBILIDADES
F1. Recurso humano altamente calificado. F2. Rápida adaptación al cambio. F3. Portafolio de servicios.	D1. Falencia en la comunicación del cliente interno y externo. D2. Alta Rotación del recurso humano D3. Cargas laborales.

F4. Plataforma estratégica. F5. Tecnología de punta. F6. Sistemas automatizados, que brinda confianza y eficiencia. F7. Cobertura (sedes nacionales). F8. Disposición a la necesidad del cliente. F9. Calidad del servicio. F10. Estabilidad económica. F11. Musculo económico para invertir en la mejora tecnológica y del recurso humano.	D4. La planeación del proceso es improvisada. D5. Poca capacidad instalada vs crecimiento acelerado de la demanda. D6. Entrega inoportuna de los resultados. D7. Ser poco autocríticos a los procesos. D8. Vivir el día a día sin avanzar en la estrategia. D9. Poco control en el proceso. D10. Falencia en la programación de las actividades y el personal del laboratorio.
--	--

Fuente: El autor 2015

2.3.11 Caracterización del proceso de prestación del servicio en el área de química – hormonas

2.3.12 Identificación de las operaciones y recursos. Para el área de Química – Hormonas se identificaron las operaciones y recursos que requiere el análisis de las muestras.

A continuación, en la Tabla 9 se da a conocer todo el proceso de análisis de muestras de laboratorio, identificando las operaciones que hacen parte del proceso hasta la emisión del resultado, con su responsable, su frecuencia y equipo.

Tabla 9. Proceso de análisis de muestras de laboratorio

PHVA	No	Actividad	Descripción	Frecuencia	Equipo	Responsable
Preanalítica						
P	1	Programación y envío de controles	Verificación de la programación de controles y sus fechas de envío.	Quincenal		Bacteriólogo(a), Coordinador(a)
Toma de Muestras						
P	2	Verificar y solicitar insumos a almacén	Verificar los insumos requeridos para la atención de los pacientes y el procesamiento manual y automatizado de acuerdo a los consumos reflejados en el kardex y solicitándolos a el proceso de almacén y compras	Mensual y diario según lo requiera el servicio		Auxiliar de Laboratorio, Bacteriólogo(a), Citohistotecnólogo(a).
P	3	Programación de mantenimientos	Programación del mantenimiento preventivo de los equipos.		Modular P, Modular E, Architect, Clasificador.	Dueño de proceso, Bacteriólogo(a)
H	4	Toma de Muestra	Atención del paciente y toma de la muestra según orden médica y/o autorización de la empresa con la que se tiene contrato			Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio o Enfermero (a) Jefe.
H	5	consejería preprueba y diligenciar consentimientos	Realización de consejería pre-prueba y diligenciamiento de consentimientos informados según se requieran			Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio o Enfermero (a) Jefe.
H	6	Recepción pendientes y nuevas muestras	Recepción de muestras pendientes y nuevas muestras solicitadas			Auxiliar de Laboratorio
H	7	Activar todas las aplicaciones necesarias para iniciar el proceso.	Activando los iconos correspondientes a LabCore, ATHENEA, RANDOX, PSM, Trackin o Chacón, según se requiera en el área de trabajo de procesamiento asignada. Activando también el icono de las interfaces en el equipo de cómputo donde se encuentre instalada, con el fin de que los analizadores transmitan los resultados al sistema del laboratorio. Si el equipo no lee código de barras, la programación del equipo se lee código de barras, la programación del equipo se realiza ingresando los número de identificación de las muestras.			Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio
H	8	Revisar condiciones ambientales	Revisar condiciones Ambientales: control y registro de temperaturas de equipos y áreas del laboratorio clínico.			Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio.
H	9	Recapción y clasificación de las muestras	en la GUIA DE RECEPCIÓN, SEPARACIÓN Y REMISIÓN DE MUESTRAS, Si las muestras tienen montajes en días especiales, se deben almacenar bajo las condiciones requeridas del análisis para garantizar su conservación. Si las muestras recibidas corresponden a envíos realizados por sedes externas y se evidencia alguna inconsistencia se establecerá comunicación con el remitente para aclarar la situación y en el caso en el que aplique levantará producto no conforme. Si las muestras corresponden a un cliente del servicio de referencia se hará lo que dice la GUIA DEL SERVICIO DE REFERENCIA DE LABORATORIO CLÍNICO.		RSD PRO	Auxiliar de Laboratorio
Referencia de Muestras						
H	10	Recepción, marcaje, verificación y distribución muestras Referencia	Recepción, marcaje, verificación y distribución de muestras provenientes de laboratorios de referencia			Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio.
H	11	Revisión facturación Vs orden médica	Revisión de la facturación contra la orden médica.			Auxiliar administrativo (servicio de referencia)
H	12	Ramisión de muestras y recepción de resultados	Ramisión de las muestras a los laboratorio de referencia de IDIME S.A. Y recepción de los resultados			Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio.
Análisis						
H	13	Realizar el mantenimiento diario del analizador.	Realizar mantenimiento diario del analizador, dejándolo registrado en la lista de chequeo de cada equipo o en el analizador (para aquellos analizadores que aplique). Realizando limpieza y desinfección de los equipos de apoyo. Cargando al analizador los reactivos, soluciones consumibles necesarios para el procesamiento de las pruebas.		Modular P, Modular E, Architect.	Bacteriólogo(a), Auxiliar de Laboratorio.
	14	Reconstrucción de los controles.	Reconstrucción de los controles.			Bacteriólogo(a)
H	15	Procesar controles de calidad	Procesado los controles de calidad de acuerdo al analizador y pruebas a procesar, analizando el resultado de los controles, realizando las acciones de acuerdo a los resultados.		Modular P, Modular E, Architect.	Bacteriólogo(a)

PHVA	No	Actividad	Descripción	Frecuencia	Equipo	Responsable
H	16	Procesar Muestras	Procesado de las muestras de acuerdo a las especificaciones técnicas de los analizadores y a los análisis a determinar. Siguiendo los manuales de MONTAJE Y LAVADO y ACTIVIDADES POR SECCIONES. Si se evidencia alguna inconsistencia en las condiciones de las muestras se establecerá comunicación con el proveedor de la misma, para aclarar la situación y en el caso en el que aplique levantará producto no conforme.		Modular P, Modular E, Architect.	Bacteriólogo(a)
H	17	Validación Manual	Se revisa que los resultados se encuentren en el sistema del laboratorio por número consecutivo asignado. Para aquellas pruebas que se procesan de manera manual o que el analizador no cuenta con interfaz se debe pasar manualmente, verificando que el número de la muestra, corresponda con el del sistema y transcribiendo cuidadosamente el resultado al sistema. Al validar los resultados, verificar los resultados de acuerdo a lo estipulado en el INSTRUCTIVO DE FIRMAS. Si el resultado obtenido no correlaciona con los datos clínicos o históricos se debe realizar solicitud de nueva muestra para su confirmación, registrando al paciente en el formato de solicitud de nuevas muestras-Procesamiento.			Bacteriólogo(a)
Post analítica						
H	18	Firma de resultados	verificar los resultados de acuerdo a lo estipulado en el INSTRUCTIVO DE FIRMAS. Si el resultado obtenido no correlaciona con los datos clínicos o históricos se debe realizar solicitud de nueva muestra para su confirmación, registrando al paciente en el formato de solicitud de nuevas muestras-Procesamiento.			Bacteriólogo(a)
H	19	Realizar control interno, externo y envío de resultados	Realización del control de calidad interno y externo y envío de los resultados a las empresas encargadas del control de calidad.			Bacteriólogo(a), Coordinador(a)
V	20	Realizar y analizar Indicador de los resultados	Desempeño de indicadores y Análisis de los resultados contra el software de control de calidad para correcciones o reporte de los resultados obtenidos.			Dueño de proceso, Coordinador(a)
V	21	de quejas de servicio	de quejas del servicio			Dueño de proceso, Coordinador(a)
V	22	Realizar Indicador de producto no conforme	Producto no conforme generados al proceso			Dueño de proceso, Coordinador(a)
A	23	Asegurar la calidad de los resultados	Asegurar la calidad de los resultados emitidos y oportunidad en el procesamiento y entrega de resultados mediante el seguimiento de las condiciones de transporte y almacenamiento de las muestras.			Dueño de proceso, Coordinador(a)
A	24	Implementar las acciones correctivas	Implementación de acciones correctivas encaminadas a la eliminación de las causas por las cuáles los controles no pasan.			Dueño de proceso, Coordinador(a)
A	25	Análisis de indicadores servicio o producto no conforme	Análisis de indicadores y producto o servicio no conforme a implementación y seguimiento de acciones correctivas.			Dueño de proceso, Coordinador(a)

Fuente: El autor basado en el sistema de gestión de calidad en Idime s.a. 2015

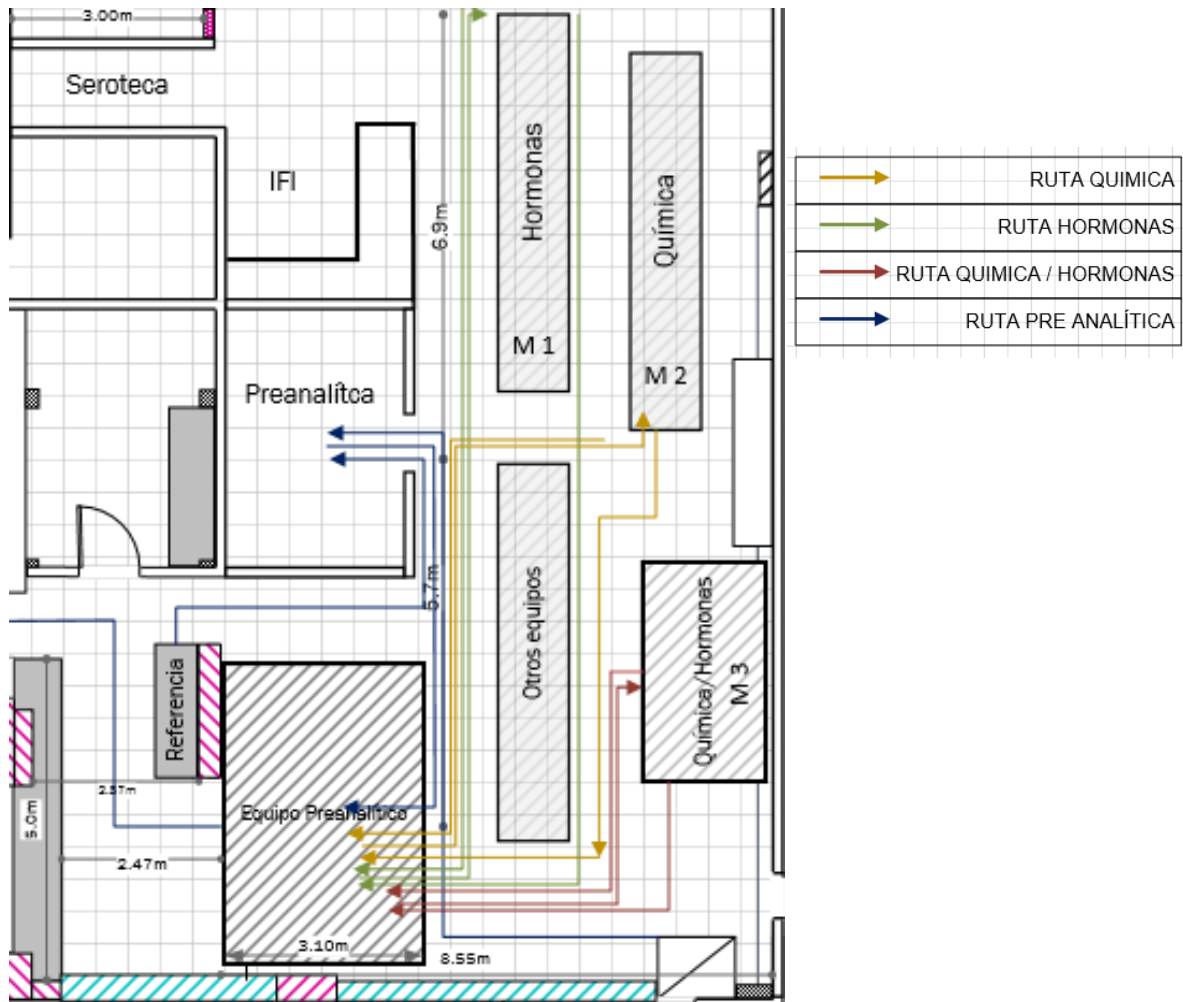
2.3.13 Diagrama de Hilos. El diagrama de hilos que se muestra en la Figura 5, se puede observar cuál es el recorrido que tiene una muestra para su procesamiento en el laboratorio.

Las muestras son entregadas al personal de preanalítica, quienes hacen su respectiva verificación y clasificación de las muestras.

A continuación, se transporta y se carga el equipo clasificador, quien distribuye las muestras según los exámenes que tenga. La encargada de cada sección o equipo recoge las muestras clasificadas, las prepara para que estas puedan ser analizadas por el equipo y se procesan en el equipo. Posterior a esto se realiza su validación pertinente, la misma persona lleva las muestras al clasificador para que pasen a la siguiente sección.

Cuando la muestra ha pasado por las secciones predeterminadas, el área de preanalítica recoge las muestras para archivar en gradillas, y finalmente son llevadas a un cuarto frío donde son conservadas por un tiempo determinado por el laboratorio clínico de acuerdo con la estabilidad de la muestra.

Figura 5. Diagrama de Hilos



Fuente: El autor 2015

2.3.14 Estudio de tiempos. En IDIME S.A. Laboratorio clínico, se realizó un estudio de tiempos, bajo la técnica de cronometraje donde se midió el desempeño del personal y ese tiempo se utilizó como un tiempo estándar.

Para el estudio se escogió a las personas de las áreas de preanalítica, química, hormonas y firmas con más experiencia y con mejor capacitación. Se les explicó con anterioridad, cuál era la finalidad de medir y revisar su trabajo en la jornada laboral realizando estos pasos:

- ✓ Se define la tarea que se va analizar o estudiar, es decir se observa el proceso de las muestras, y luego se estudian las secciones con su respectivo personal.
- ✓ Se fracciona la tarea en elementos.
- ✓ Se debe escoger la cantidad de observaciones que se realizaran a los elementos.

- ✓ Recolectar los tiempos por medio de cronometro y así poder determinar un valor al desempeño.
- ✓ Desarrollar el cálculo de la media aritmética de los tiempos de los elementos que es:

Tiempo media aritmética: (suma de los tiempos registrados de cada elemento) / número de observaciones.

- ✓ Se debe determinar el valor de desempeño y el tiempo normal

Tiempo normal = (tiempo media aritmética) X (Factor de calificación del desempeño).

- ✓ Se suman los tiempos Normales de cada elemento para poder determinar el tiempo normal de la tarea.
- ✓ Para hallar el tiempo estándar (TE) se tienen en cuenta las tolerancias que son los suplementos que necesita el operario en un día normal los cuales son dados por la OIT; se dividen en dos:

- Suplementos fijos (necesidades básicas).
- Suplementos variables (fatiga básica o contingencias).

También se establecen tiempos que representan el tiempo que un trabajador capacitado, trabajando a un ritmo normal realiza una actividad; al tiempo que se tiene (tiempo normal) se le adjuntan las diferentes interrupciones que afectan su rutina en su lugar de trabajo, se le llaman tolerancias, las cuales se pueden observar en la Tabla 10.

Tabla 10. Suplementos

Tolerancias o Suplementos	
suplemento	%
Suplementos constantes	4%
Necesidades P. Mujeres	7%
precisión	2%
Actividad Repetitiva	2%
Total	15%

Fuente: El autor 2016

Tamaño de la muestra: Para el estudio inicial se hace un (1) ciclo de 10 muestras, en las cuales se obtuvieron valores preliminares. Se aplica la Fórmula 2 para demostrar cuál es el número aceptado de ciclos para la toma de tiempos:

Fórmula 2. Tamaño de la muestra

$$n = \left(\frac{40^2 \sqrt{n' \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

n' = Numero de observaciones previas

\sum = Suma de los valores

X = Valor de las observaciones

40 = Constante para un nivel de confianza de 94.45%

Por ejemplo para la operación marcaje de muestras se tomó un (1) ciclo de 10 muestras u observaciones, donde la sumatoria de cada elemento elevado al cuadrado es de 1,309 minutos y el cuadrado de la sumatoria de todos los tiempos es de 12,6 minutos, aplicando la formula se obtiene:

$$n = \left(\frac{40^2 \sqrt{10'(1,309) - 12,6}}{3,55} \right) = 8,14 \text{ observaciones}$$

De acuerdo a lo anterior se obtiene que son necesarios 8,14 observaciones y se tomaron 10 lo que indica que este número de observaciones es confiable, a continuación en la Tabla 11 se presenta el resumen del número de ciclos necesarios para cada operación.

Las muestras fueron tomadas a diferentes horas del día, ya que se tiene en cuenta el funcionamiento 24horas del laboratorio; también en diferentes días la semana para que fuera una muestra representativa y se tuvieran en cuenta los días de mayor y menor procesamiento de muestras.

Tabla 11. Toma de tiempos y número de observaciones

Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tx (media) Min	N°
Preanalítica												
Marcaje de muestras	0,33	0,36	0,34	0,31	0,26	0,42	0,52	0,40	0,27	0,35	0,35	8,1
Revisión planilla y verificación de muestras	0,10	0,08	0,07	0,06	0,07	0,05	0,09	0,05	0,06	0,08	0,07	8,1
Registro y cargue de muestras	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	9,8
Chequeo Manual	0,07	0,08	0,04	0,07	0,07	0,04	0,09	0,06	0,06	0,08	0,07	7,2
Transporte a Equipo Distribuidor	1,80	1,90	1,00	1,50	1,60	2,50	1,70	1,40	1,50	1,60	1,65	9,9
Cargue manual distribuidor	0,07	0,10	0,08	0,08	0,06	0,08	0,07	0,06	0,08	0,05	0,07	8,9
Archivo manual Muestras	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	7,9
Transporte al archivo	0,40	0,50	0,40	0,30	0,50	0,50	0,60	0,50	0,70	0,41	0,48	8,3
Analítica												
Química												
Recoge muestras del distribuidor	1,58	0,88	1,82	1,48	1,58	0,83	1,83	1,33	1,67	1,53	1,5	9,1
Prepara muestras	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	10,0
Recoge muestras para Validar	0,67	0,50	0,62	0,67	1,00	0,67	0,50	0,75	0,53	0,45	0,6	9,6
Proceso de muestras Química	14,60	11,57	11,40	11,52	12,07	12,10	11,36	11,47	11,32	12,20	12,0	3,1
Validación	0,15	0,12	0,17	0,15	0,12	0,19	0,16	0,16	0,27	0,13	0,2	10,1
Lleva muestras al distribuidor	1,92	1,67	1,15	1,78	1,67	2,60	1,08	1,77	1,75	1,55	1,7	9,4
Hormonas												
Recoge muestras del distribuidor	1,88	1,82	1,48	2,22	1,02	1,83	1,75	1,67	1,72	1,17	1,66	8,1
Prepara muestras	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	5,4
Recoge muestras para Validar	0,48	0,50	0,50	0,67	0,42	0,33	0,62	0,73	0,75	0,42	0,54	10,0
Proceso de muestras Hormonas	29,50	25,20	28,52	21,26	40,26	40,33	40,21	23,57	19,53	29,80	29,82	10,1
Validación	0,13	0,17	0,10	0,11	0,18	0,18	0,16	0,12	0,17	0,10	0,14	8,8
Lleva muestras al distribuidor	1,18	2,60	2,43	2,08	1,77	1,67	1,55	2,68	2,08	1,53	1,96	9,7
Química/Hormonas												
Recoge muestras del distribuidor	1,25	1,17	0,75	1,08	1,22	0,72	1,48	0,80	1,45	0,92	1,08	9,8
Prepara muestras	0,05	0,04	0,06	0,06	0,08	0,06	0,09	0,05	0,09	0,07	0,06	9,2
Recoge muestras para Validar	1,95	1,00	1,67	1,13	1,90	1,80	2,50	1,67	1,50	1,75	1,69	9,5
Proceso de muestras Hormonas	45,00	43,00	41,00	40,00	48,00	48,00	43,00	42,00	52,00	50,00	45,20	3,4
Proceso de muestras Química	10,00	11,00	8,00	7,00	13,00	13,00	14,00	15,00	8,00	11,00	11,00	9,5
Validación	0,12	0,15	0,17	0,17	0,12	0,23	0,12	0,17	0,15	0,23	0,16	9,7
Lleva muestras al distribuidor	2,10	1,53	1,25	1,37	1,60	2,08	2,17	2,42	2,67	1,50	1,87	9,8
Post analítica												
Firma de resultados	0,93	0,97	1,48	1,93	1,40	1,20	1,33	1,17	1,32	0,98	1,3	9,0

Fuente: El autor basado en información del laboratorio clínico

Como se evidencia en la Tabla 11, el número necesario de observaciones para aceptar la toma está por debajo de 10, por esto es que se acepta la muestra inicial y se estima que el lead time del proceso es de 320,3 minutos para procesar un lote de 100 muestras que tiene exámenes en las tres áreas de procesamiento, como se puede ver en la Tabla 12.

A continuación, en la Tabla 12 se pueden observar los tiempos y recorrido de las operaciones.

Tabla 12. Diagrama de Proceso

AREA	No	ACTIVIDAD	Diagrama					Tiempo (Min) X lotes de 100 unidades	Distancia promedio (Mts)
		Preanalítica 1							
	1	Marcaje de muestras	○	→	□	●	▽	5,67	
Preanalítica 2	2	Revisión planilla y verificación de muestras	○	→	□	●	▽	6,97	
	3	Registro y carga de muestras	●	→	□	○	▽	2,79	
	4	Chequeo Manual	●	→	□	○	▽	6,63	
	5	Transporte a Equipo Distribuidor	●	→	□	○	▽	1,65	15,2
	6	Cargue manual distribuidor	●	→	□	○	▽	7,32	
	7	Archivo manual Muestras	●	→	□	○	▽	1,94	
	8	Transporte al archivo	○	→	□	○	▽	0,48	10,16
	9	Recoge muestras del distribuidor	○	→	□	○	▽	2,64	10,3
Química	10	Prepara muestras	○	→	□	●	▽	2,41	
	11	Proceso de muestras Química	●	→	□	○	▽	23,56	
	12	Recoge muestras para Validar	○	→	□	○	▽	0,57	12
	13	Validación	○	→	□	●	▽	14,49	
	14	Lleva muestras al distribuidor	○	→	□	○	▽	1,52	10,3
Hormonas	15	Recoge muestras del distribuidor	○	→	□	○	▽	2,61	14,3
	16	Prepara muestras	○	→	□	●	▽	1,26	
	17	Proceso de muestras Hormonas	●	→	□	○	▽	41,42	
	18	Recoge muestras para Validar	○	→	□	○	▽	0,46	12
	19	Validación	○	→	□	●	▽	12,08	
Química/Hormonas	20	Lleva muestras al distribuidor	○	→	□	○	▽	1,66	14,3
	21	Recoge muestras del distribuidor	○	→	□	○	▽	3,02	7,2
	22	Prepara muestras	○	→	□	●	▽	6,15	
	23	Proceso de muestras Química - Hormonas	●	→	□	○	▽	39,70	
	24	Recoge muestras para Validar	○	→	□	○	▽	1,60	10,6
	25	Validación	○	→	□	●	▽	15,47	
	26	Lleva muestras al distribuidor	○	→	□	○	▽	1,77	7,2
		Post analítica							
	27	Firma de resultados	○	→	□	●	▽	114,45	
Total General			7	11		9		320,31	123,56

Fuente: El autor 2015

Con el anterior diagrama de proceso de la Tabla 12 que se realizó al proceso de las muestras se puede evidenciar como se llevan a cabo las diferentes operaciones y así poder observar los pasos que se pueden mejorar, lo que permite reducir tiempos y desarrollar el trabajo de una manera más eficiente.

Al determinar el tiempo seleccionado, se procede a hacer el cálculo del estándar de la operación como se muestra en la Tabla 13.

Para efectos del proyecto, se tuvo en cuenta que en algunos casos se trabaja con lotes de 100 unidades, lo cual genera variaciones en los tiempos estándar (ver Tabla 13).

Tabla 13. Tiempo Normal de la operación en minutos

Elemento	Tx (media unitaria) Min	Tx (media por lotes de 100 unidades) Min	Desempeño ¹	Tiempo normal unitaria Min	Tiempo Normal por lotes de 100 unidades Min
Preanalítica 1	0,35	5,7		0,35	5,7
Marcaje de muestras	0,35	5,7	100%	0,35	5,7
Preanalítica 2	2,35	27,8		0,3	27,8
Revisión planilla y verificación de muestras	0,07	7,0	100%	0,07	7,0
Registro y cargue de muestras	0,03	2,8	100%	0,03	2,8
Chequeo Manual	0,07	6,6	100%	0,07	6,6
Transporte a Equipo Distribuidor	1,65	1,65	100%	0,02	1,65
Cargue manual distribuidor	0,07	7,32	100%	0,07	7,3
Archivo manual Muestras	0,02	1,94	100%	0,02	1,9
Transporte al archivo	0,48	0,48	100%	0,00	0,48
Analítica	53,0				
Química	17,4	24,0		0,2	45,2
Recoge muestras del distribuidor	2,9	2,9	90%	0,03	2,64
Prepara muestras	0,03	2,68	90%	0,02	2,41
Proceso de muestras Química	23,6		90%	0,00	23,56
Recoge muestras para Validar	0,6	0,6	90%	0,01	0,57
Validación	0,2	16,1	90%	0,14	14,49
Lleva muestras al distribuidor	1,7	1,7	90%	0,02	1,52
Hormonas	35,6	21,3		0,2	59,5
Recoge muestras del distribuidor	3,08	3,08	85%	0,03	2,6
Prepara muestras	0,01	1,48	85%	0,02	1,3
Proceso de muestras Hormonas	41,42		85%	0,00	41,4

¹ La diferencia del desempeño se debe al ritmo de trabajo, es decir en unas áreas las labores son realizadas de una manera más lenta o se tiene más tiempo para otras actividades ajenas a las normales.

Elemento	Tx (media unitaria) Min	Tx (media por lotes de 100 unidades) Min	Desempeño¹	Tiempo normal unitaria Min	Tiempo Normal por lotes de 100 unidades Min
Recoge muestras para Validar	0,54	0,54	85%	0,01	0,5
Validación	0,14	14,21	85%	0,12	12,1
Lleva muestras al distribuidor	1,96	1,96	85%	0,02	1,7
Química/Hormonas	63,2	69,2		0,3	67,7
Recoge muestras del distribuidor	3,18	3,18	95%	0,03	3,0
Prepara muestras	0,06	6,48	95%	0,06	6,2
Proceso de muestras Química - Hormonas	39,70	39,70	95%	0,00	39,7
Recoge muestras para Validar	1,69	1,69	95%	0,02	1,6
Validación	0,16	16,28	95%	0,15	15,5
Lleva muestras al distribuidor	1,87	1,87	95%	0,02	1,77
Post analítica	1,3	127,2		1,1	114,5
Firma de resultados	1,3	127,17	90%	1,14	114,5

Tabla 14. Tiempo estándar

FASE	Tiempo Normal (TN) (unitario) Min	Tiempo Normal (TN) (por lotes de 100) Min	Tiempo Estándar (unitaria) Min	Tiempo Estándar (por lotes de 100) Min
MarcaciónMuestras	0,4	5,7	0,4	6,5
Preanalítica	0,3	27,8	0,3	31,9
Analítica	0,7	172,4	0,8	182,6
Química	0,2	45,2	0,2	48,5
Hormonas	0,2	59,5	0,2	62,2
Química/Hormonas	0,3	67,7	0,3	71,9
Post analítica	1,1	114,5	1,3	131,6

Fuente: El autor del proyecto 2015

Se tiene como conclusión que el tiempo estándar del proceso para la fase preanalítica es de 31,9 minutos, química 48,5 minutos, hormonas 62,2,

Química/hormonas 71,9 minutos y la fase Postanalítica 131,9 minutos incluyendo la valoración y el porcentaje de tolerancias (ver Tabla 13 y Tabla 14).

En el laboratorio clínico Sede Lago, el turno de 6:00 am – 2:00 pm, realiza los mantenimientos de los equipos con una duración aproximada de 2 horas. El tiempo de los siguientes mantenimientos son agregados al mantenimiento diario, 0.33 horas mantenimiento semanal, 1 hora mantenimiento quincenal y 0.18 horas el mensual. También se tienen en cuenta los mantenimientos correctivos, que causan una parada del proceso: en promedio es 40 minutos por turno para un total de 2 horas diarias. Este tiempo se vuelve extenso ya que el equipo viene programado para hacer ciertos chequeos después de cualquier detención. En el día el total de los mantenimientos es de 4 horas por máquina.

2.3.15 Sistema actual de control de inventarios. El sistema de inventarios del laboratorio clínico central empieza con la solicitud de los reactivos en el sistema de IDIME S.A. “Athenea” - “Compras y almacén”, donde la persona solicita la cantidad de insumos que va a utilizar en todo el mes (Esta solicitud se hace una vez al mes).

Diagrama 10. Sistema de inventarios Laboratorio



Fuente: El autor 2015

El área de almacén genera la orden de compra por la cantidad solicitada por cada sección o área. El almacén reparte los insumos que se piden durante 3 semanas del mes, ya que en la última semana se dedican a hacer inventarios de su área. Lo

anterior quiere decir que la cantidad total es dividida en 3 y de esa forma llega al laboratorio.

Al llegar al laboratorio cada sección verifica que la cantidad que está en la salida de almacén sea la misma que llega al área, en ocasiones quedan pendientes por parte del proveedor, quienes tratan de completar la orden de compra en el menor tiempo posible, actividad que hasta el momento no ha generado ningún desabastecimiento grave en el laboratorio.

Después de firmar el documento entregado por almacén, la persona encargada de la sección debe organizar y registrar la cantidad de insumos que llegan para que sean sumados al inventario actual en el formato de kardex o control de existencias de cada área (ver Figura 6).

Cada vez que se utilice o saque un insumo se debe registrar en el formato de kardex para así tener un inventario real de lo que se tiene en el momento.

El personal de cada área realiza el pedido de acuerdo al inventario actual (kardex) y con la estadística de procesamiento que se tiene en cada sección (ver Diagrama 10).

Figura 6. Formato de Kardex o control de existencias

CONTROL DE EXISTENCIAS – KARDEX

SEDE: _____

NOMBRE COMERCIAL	LOTE	CANTIDADES		PROMEDIO SEMANA	PROMEDIO MES	Salidas Diarias																															Entradas Semanales					PEDIDO	UNIDADES A PEDIR MES SIGUIENTE	PENDIENTE DE ENTREGA	STOCK MINIMO	STOCK MAXIMO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		INVENTARIO INICIAL	HOY			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
SOLUCION ACIDA		17	15	0	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Fuente: sistema de Gestión Idime S.A. – Compras – almacén

Después de realizar las debidas entrevistas al personal encargado de manejar este formato y por el método de la observación se evidenció lo siguiente:

- La requisición en casi todos los meses lo hacen de acuerdo a lo que pidieron el mes anterior, es decir que lo hacen por intuición o un promedio que hace la persona en ese momento.
- Por falta de tiempo, el kárdex no se lleva a diario, se adelanta en los días posteriores, donde al hacer el registro la persona puede olvidar algún insumo y con esto ya tener una diferencia importante.

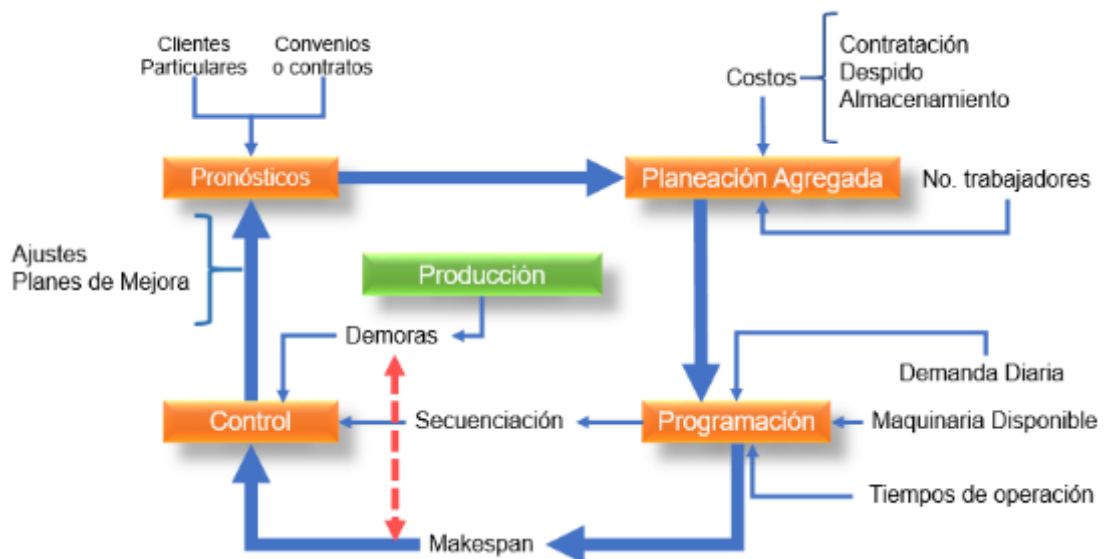
- Las estadísticas de procesamiento que es un guía para hacer la requisición, se llevan en periodos diferentes (cada 15 días, cada 3 días, cada mes. Etc.).
- El laboratorio clínico cuenta con 3 horarios diferentes mencionados en puntos anteriores, el turno de la mañana se encarga de cargar el equipo con los respectivos insumos, quienes en la mayoría de veces son registrados en el kardex, pero en los turnos siguientes no siempre hacen este registro por desconocimiento o por olvido, lo que causa ya un sesgo a la hora de hacer la requisición.

De acuerdo a los resultados de los pronósticos, la empresa puede manejar una mejor requisición, ya que los inventarios se ajustan a la realidad, minimizando la detención de las máquinas por desabastecimiento de insumos y por ende el retraso en la entrega de los resultados.

2.3.16 Sistema de planeación, programación y control de prestación del servicio. En este sistema se propone planeación, programación y control de la prestación de servicios en el procesamiento de las muestras para el laboratorio clínico de IDIME S.A., siendo un Job shop con varias máquinas y tipos de muestra.

A continuación, se muestra el Diagrama 11 en el cual se pueden observar las distintas fases, en la primera fase se encuentran los pronósticos desarrollados con la producción histórica, información que sirve para realizar el plan agregado. Después se construye la programación con la maquinaria disponible, tiempos de operación, demanda diaria, entre otros, teniendo como resultado la secuenciación. Para controlar la producción se utiliza el *makespan* y se comprueba a través de las demoras, obteniendo así planes de mejora y ajustes para los pronósticos.

Diagrama 11. Sistema de planeación, programación y control en la prestación de los servicios en el laboratorio clínico



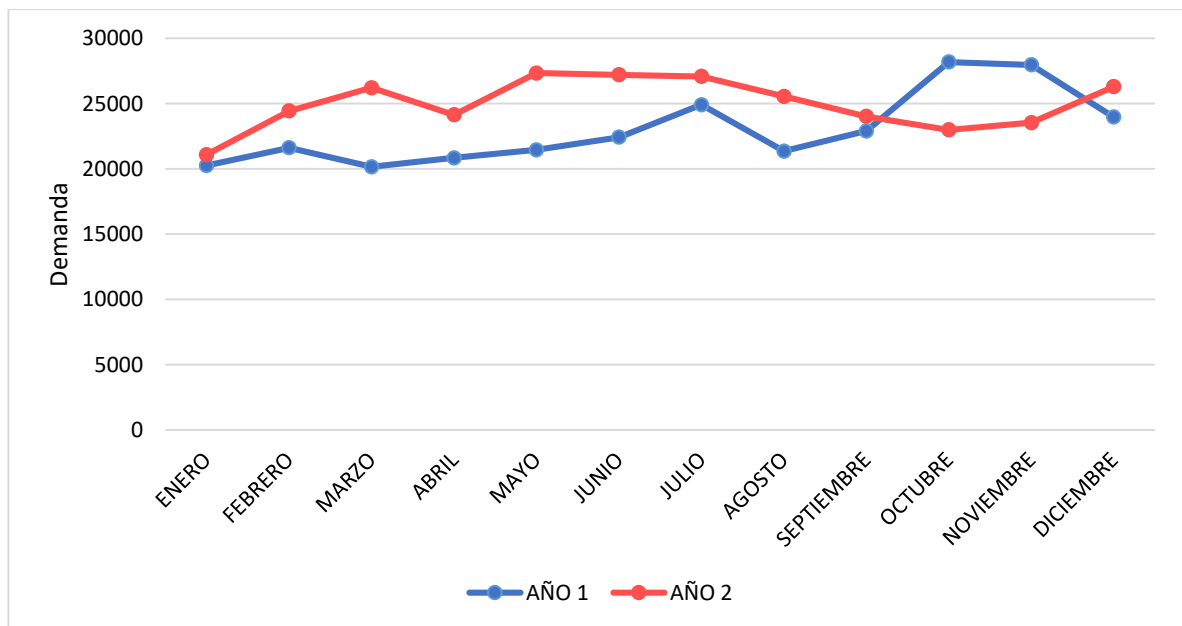
Fuente: autor del proyecto 2016

2.4 PRONÓSTICOS.

Para llegar a identificar las características de la demanda a los exámenes o muestras del laboratorio, se utilizaron pronósticos de la demanda para poder proyectar las ventas en términos de muestras procesadas por cada periodo de tiempo.

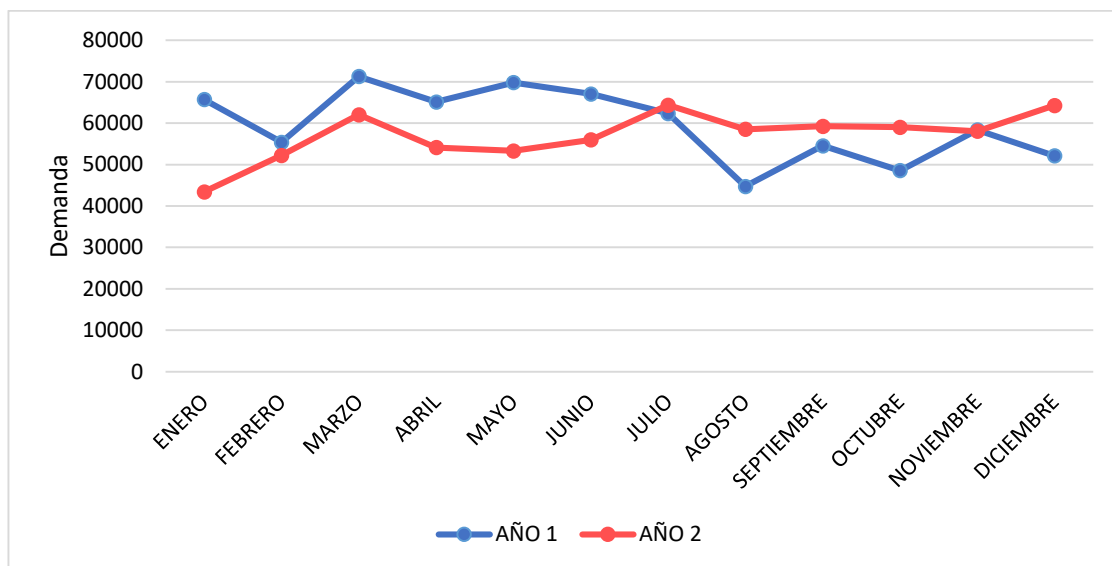
En las siguientes Gráfica 5, Gráfica 6 y Gráfica 7 se observa la demanda histórica correspondiente a los años 1 y 2 para cada producto.

Gráfica 5. Comportamiento de la demanda en muestras “Hormonas” año 1 – 2



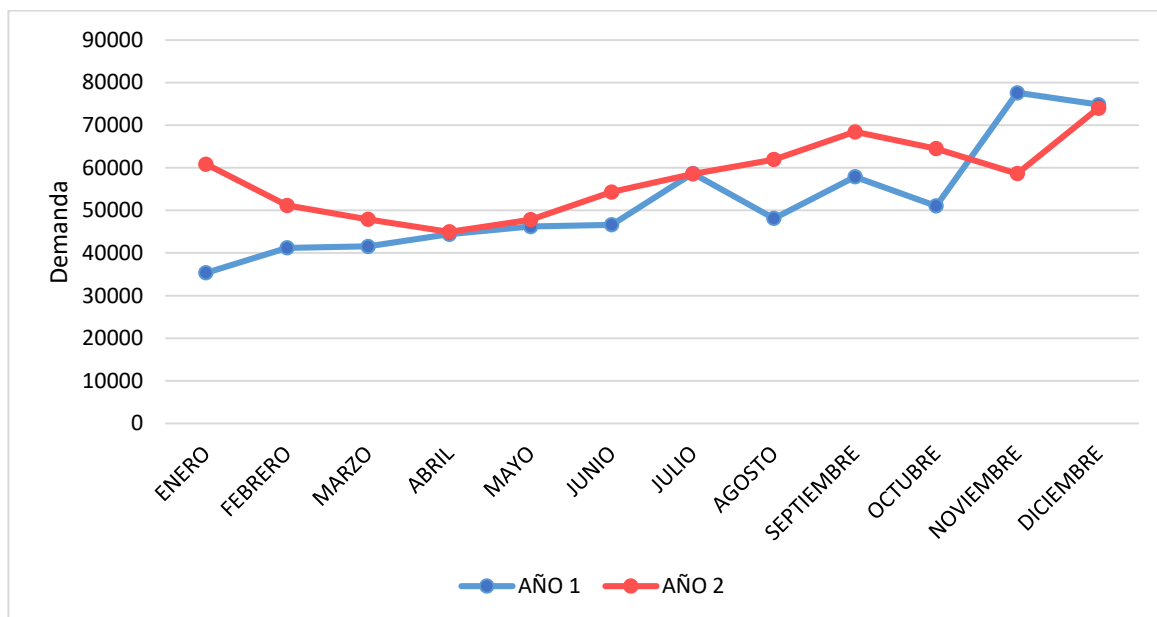
Fuente: Fuente: El autor del proyecto 2016.

Gráfica 6. Comportamiento de la demanda en muestras “Química” año 1 – 2



Fuente: El autor del proyecto 2016.

Gráfica 7. Comportamiento de la demanda en muestras “Química/Hormonas” año 1- 2



Fuente: El autor del proyecto 2016.

Para proyectar la demanda de las áreas del laboratorio se decidió utilizar tres métodos que son los que se acomodan a las variaciones que presenta la demanda, los métodos son:

- Promedio móvil simple
- Promedio móvil ponderado
- Suavización exponencial

2.4.1 Promedio Móvil simple. La previsión consiste en utilizar un grupo de valores recientes de los datos, sumándolos y dividiendo por la cantidad de datos sumados, y se elimina el dato más antiguo para la siguiente estimación. Este promedio se usa cuando la demanda no baja ni crece rápidamente, y si no tiene estacionalidad, eliminando así las fluctuaciones aleatorias del pronóstico (Adam & Ebert, 1991).

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

F_t = Pronóstico para el siguiente periodo

n = Número de periodos para promediar

A_{t-1} = Ocurrencia real del periodo pasado

A_{t-2}, A_{t-3} y A_{t-n} = ocurrencias reales hasta n periodos

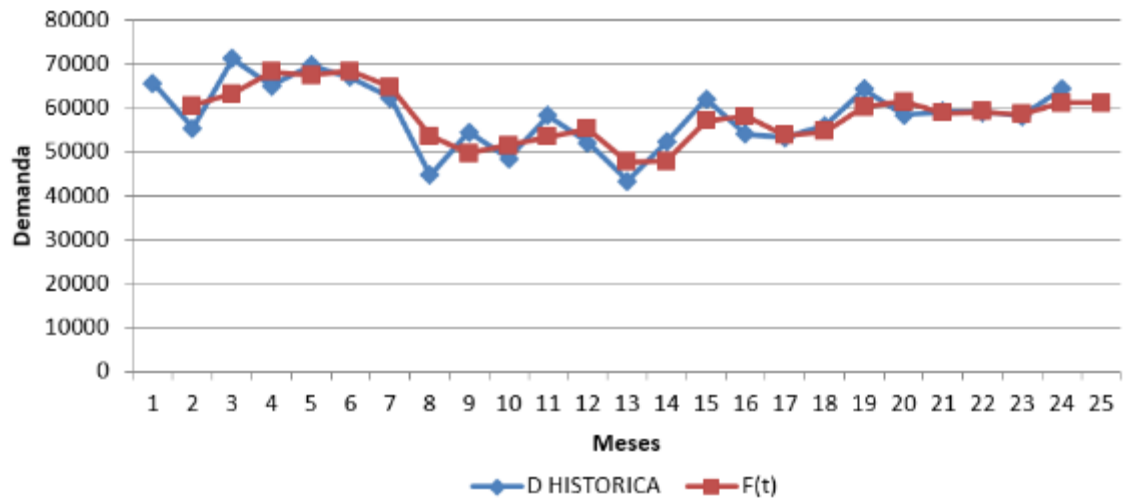
En la Tabla 15 se observa el pronóstico promedio simple, la demanda histórica y el F_t o pronóstico de dos años.

Tabla 15. Promedio móvil simple (2 periodos) Química

Mes	Demanda histórica	F(t)	Mes	Demanda histórica	F(t)
1	65679		13	43424	47771
2	55388	60534	14	52228	47826
3	71246	63317	15	62015	57122
4	65104	68175	16	54098	58056
5	69787	67446	17	53286	53692
6	67047	68417	18	55965	54625
7	62349	64698	19	64360	60162
8	44721	53535	20	58505	61433
9	54526	49623	21	59244	58875
10	48553	51539	22	59005	59124
11	58351	53452	23	58054	58529
12	52118	55234	24	64279	61166

Fuente: El autor 2016.

Gráfica 8. Demanda histórica y pronóstico móvil simple – Química



Fuente: El autor 2016.

2.4.2 Promedio móvil ponderado. Es una técnica de previsión donde se utilizan ponderaciones o se da un peso para resaltar los valores más recientes, esto hace que la técnica sea más sensible a los cambios, ya que los periodos más recientes se les otorga mayor peso. Para elegir la ponderación en su mayoría de casos es algo arbitrario, porque no existe una fórmula para establecerlos (Adam & Ebert, 1991).

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n}$$

W_1 = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo $t - 1$

W_2 = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo $t - 2$

W_n = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo $t - n$

n = número total de periodos

En la Tabla 16 se evidencia el pronóstico promedio móvil ponderado, la demanda histórica y el F_t o pronóstico de dos años.

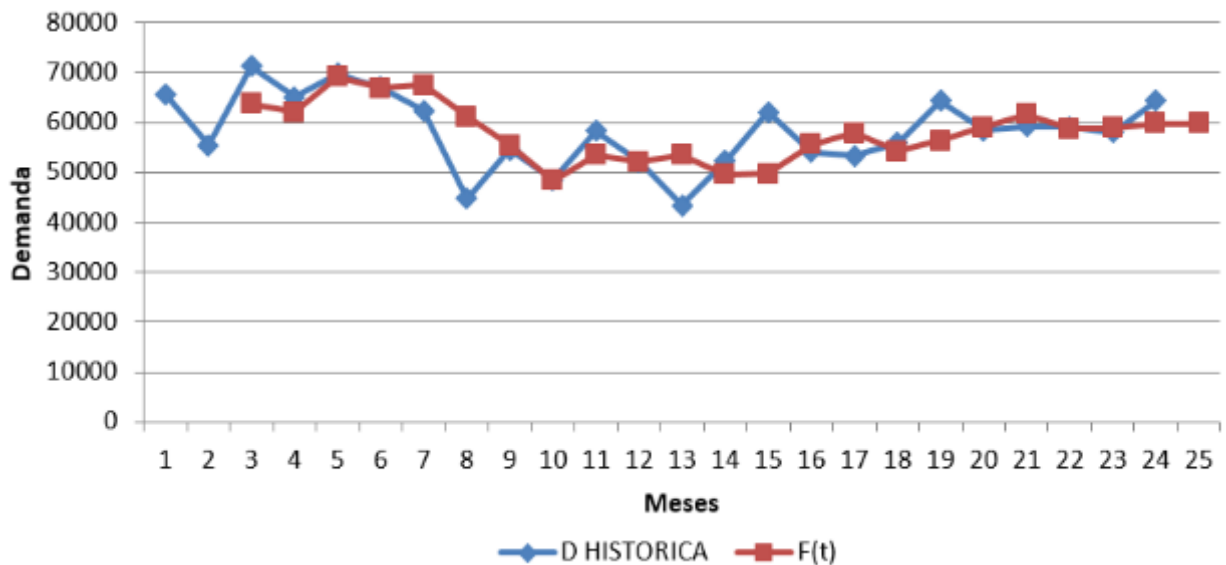
Tabla 16. Promedio móvil ponderado (2 periodos) Química

Mes	Demanda histórica	F(t)	Mes	Demanda histórica	F(t)
1	65,679		13	43,424	53,496
2	55,388		14	52,228	49,532
3	71,246	63,705	15	62,015	49,784
4	65,104	62,089	16	54,098	55,538
5	69,787	69,112	17	53,286	57,894
6	67,047	66,898	18	55,965	54,228
7	62,349	67,477	19	64,360	56,304
8	44,721	61,172	20	58,505	58,991
9	54,526	55,496	21	59,244	61,580
10	48,553	48,429	22	59,005	58,827
11	58,351	53,499	23	58,054	58,934
12	52,118	52,205	24	64,279	59,774

W(1)	W(2)	W(3)
50%	30%	20%

Fuente: El autor 2016.

Gráfica 9. Demanda histórica y pronóstico móvil Ponderado - Química



Fuente: El autor -2016.

2.4.3 Suavización exponencial. Se utiliza cuando los patrones de la demanda aleatorios o niveladas, con el fin de eliminar el impacto de los datos irregulares históricos enfocado en los periodos de la demanda reciente, es decir que cada incremento en el pasado se reduce $(1 - \alpha)$. Solo se necesitan tres datos para hacer el pronóstico: el pronóstico del último periodo, la demanda reciente del periodo del pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α) (Adam & Ebert, 1991). El valor de la constante se fija por la naturaleza del producto o como por el sentido del gerente.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para t periodo

F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el anterior periodo

A_{t-1} = Demanda real del periodo anterior

α = constante de suavización

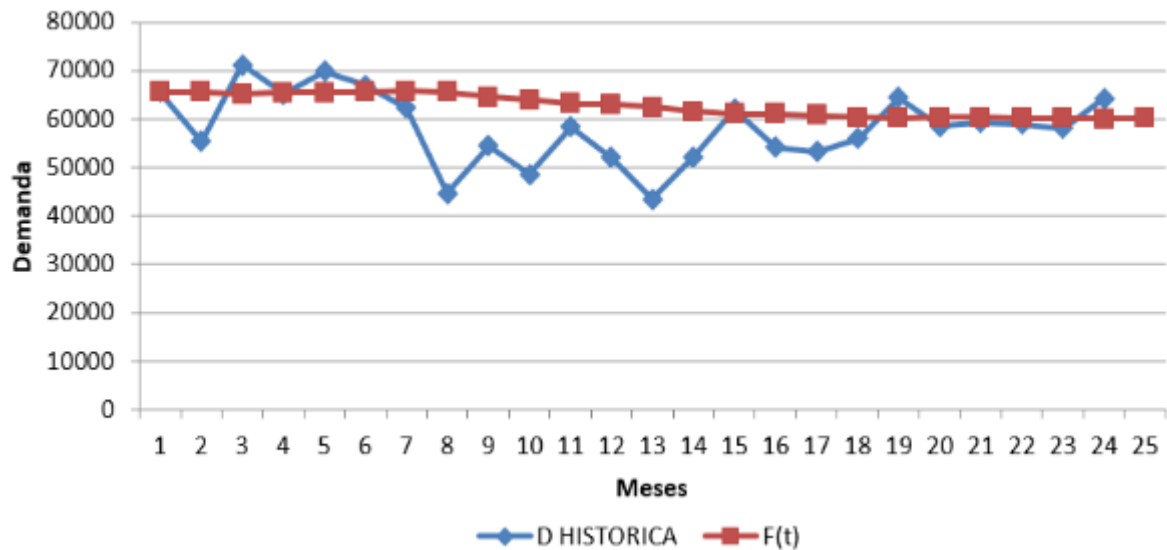
En la Tabla 17 se observa el pronóstico suavización exponencial, la demanda histórica y el F_t o pronóstico de dos años.

Tabla 17. Suavización Exponencial (2 periodos) Química

Mes	Demanda histórica	F(t)	Mes	Demanda histórica	F(t)
1	65,679	65,679	13	43,424	62,461
2	55,388	65,679	14	52,228	61,510
3	71,246	65,164	15	62,015	61,046
4	65,104	65,469	16	54,098	61,094
5	69,787	65,450	17	53,286	60,744
6	67,047	65,667	18	55,965	60,371
7	62,349	65,736	19	64,360	60,151
8	44,721	65,567	20	58,505	60,361
9	54,526	64,524	21	59,244	60,269
10	48,553	64,024	22	59,005	60,217
11	58,351	63,251	23	58,054	60,157
12	52,118	63,006	24	64,279	60,052

Fuente: El autor 2016.

Gráfica 10. Demanda histórica y pronóstico suavizado exponencial - Química



Fuente: El autor 2016.

2.4.4 Elección del método de pronóstico para cada proceso. Una vez terminados los diferentes pronósticos como Promedio simple, Promedio móvil simple, Promedio móvil ponderado y Suavización exponencial, se realiza el comparativo, donde se escoge el método más acorde al sistema (ver Tabla 18).

Para ello se utilizaron las siguientes medidas de desempeño:

MAD = Desviación media Absoluta

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e(t)|}{n}$$

MSE = Error cuadrático medio

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e(t)^2)}{n}$$

MAPE = Error Porcentual medio Absoluto

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|e(t)|}{X(t)} * 100}{n}$$

Ts = Tracking Signal o señal de rastreo

$$Ts = \frac{CFE}{MAD}$$

A continuación, se presentan las medidas de desempeño para los tres procesos (química, hormonas y química / hormonas) y para cada uno de los cuatro métodos de pronóstico (simple, móvil simple, móvil ponderado y suavizado exponencial).

Tabla 18. Comparativo Medidas de Desempeño de los exámenes

Pronóstico	MAD (Exámenes)	MSE (Exámenes^2)	MAPE (Error Porcentual)	TS (Señal de rastreo)
Simple	6736,645	64712506	12,03%	3,444793
Móvil simple (2)	3368,322	16178126	6,01%	0,207819
Móvil ponderado	4010,003	34736461	7,30%	-0,82
Suavizado exponencial	6397,798	74678340	12,48%	24,74693

Fuente: El Autor 2016

Acorde a tabla anterior se escoge el pronóstico más adecuado con los datos obtenidos, para realizar la planeación agregada siguiendo el método Móvil simple (2).

Utilizando el método de promedio móvil simple, y los datos históricos de demanda del año 2 en cada uno de los procesos, se construyeron los respectivos pronósticos (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Demanda pronosticada para el año 2 con base en el método móvil simple

Mes	Química	Hormonas	Química - Hormonas
1	47.072	21.088	66.887
2	56.616	24.433	55.216
3	67.224	26.213	48.825
4	58.642	24.145	45.778
5	57.762	27.349	45.741
6	60.666	27.215	50.346
7	69.766	27.081	55.648
8	63.420	25.548	59.406
9	64.220	24.015	64.262
10	63.961	22.988	65.529

Mes	Química	Hormonas	Química - Hormonas
11	62.930	23.539	60.696
12	69.678	26.307	65.368

Fuente: El autor 2016

2.5 PLANEACIÓN AGREGADA

Después de haber realizado los pronósticos se utiliza la planeación agregada para tener una comparación en los costos lo cual permite mejorar la planeación a partir de lo siguiente (Dominguez Machuca, 1995):

- Alternativa de caza
- Nivelación de la mano de obra
- Alternativa de caza mejorada

Para poder determinar el plan de producción se deben tener en cuenta los tiempos de cada operación como se observa en la Tabla 13 y Tabla 14.

Teniendo los tiempos estándar y los siguientes datos que se pueden observar en la Tabla 20, algunos suministrados por la empresa para elaborar el plan de producción.

Tabla 20. Datos Plan de producción

DATOS	Química	Hormonas	Química/Hormonas
Tiempo por unidad / minutos	1,95	1,58	1,71
Tiempo por unidad / Horas	0,032	0,026	0,029
Unidades por hora	30,8	37,9	35,1
Unidades por Día	615,6	758,5	701,2
Capacidad Máxima máquina. Muestras /Hora	423	247	448
Capacidad Máxima máquina. Muestras /Día	8467	4945	8970
Trabajadores Fijos / Día	3	3	3
Trabajadores Compartidos / Día. Preanalítica	4		
Trabajadores Compartidos / Día. Postanalítica	4		
Jornada Laboral	8 horas		

Fuente: Autor del proyecto 2016

Siguiendo la Tabla 20 se trabajó con la capacidad máxima de muestras por día, y con la máquina que menos capacidad tiene, puesto que ésta es el cuello de botella en el proceso con una capacidad máxima diaria de 4,945 muestras.

A partir de los datos obtenidos y al tener los pronósticos se evaluaron diferentes estrategias para que la institución pueda cumplir con el pronóstico de la demanda, las opciones son: (Dominguez Machuca, 1995, págs. 76-85)

- Alternativa de caza
- Nivelación de la mano de obra
- Alternativa de caza mejorada

Tabla 21. Plan agregado Alternativa de caza – Química

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTALES
Plan necesidades producción	47072	56616	67224	58642	57762	60666	69766	63420	64220	63961	62930	69678	
días productivos	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
producción regular	47072	56616	67224	58642	57762	60666	69766	63420	64220	63961	62930	69678,436	
producción horas extras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Subcontratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas M.O. regular	1506,303275	1811,696427	2151,164757	1876,539861	1848,373205	1941,31392	2232,511008	2029,433003	2055,055872	2046,753877	2013,765589	2229,709952	
mano de obra M.O.	7	8	9	8	8	9	10	9	9	9	9	9	
coste M.O. regular	\$ 12.914.937	\$ 15.533.356	\$ 18.443.933	\$ 16.089.319	\$ 15.847.820	\$ 16.644.687	\$ 19.141.390	\$ 17.400.214	\$ 17.619.902	\$ 17.548.721	\$ 17.265.882	\$ 19.117.374	\$ 203.567.534
variación mano de obra	-4	1	1	-1	0	1	1	-1	0	0	0	0	
coste contrataciones y despidos	\$ 9.497.305	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 3.324.076	\$ -	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 4.590.410	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 19.411.790
horas Extras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas Subcontratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
coste subcontratación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Costo Horas Extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
inventario final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coste M.O. ociosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coste Total	\$ 22.412.241	\$ 16.033.356	\$ 18.943.933	\$ 19.413.395	\$ 15.847.820	\$ 17.144.687	\$ 19.641.390	\$ 21.990.623	\$ 17.619.902	\$ 17.548.721	\$ 17.265.882	\$ 19.117.374	\$ 222.979.324

Fuente: Autor del proyecto 2016

Trabajadores fijos: 3

Trabajadores compartidos: 8

Jornada laboral: 8 horas

Capacidad máxima diaria de muestras: 247
muestras/hr * 20 hr = 4,945 muestras/día

Tiempo por unidad / Horas: 0,032 hr

Costo de contratación: \$ 500.000

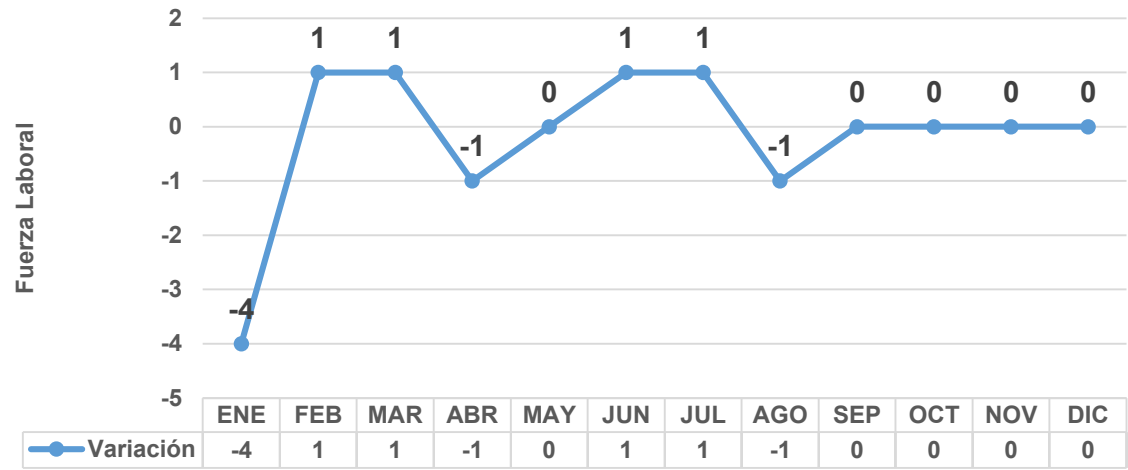
Salario: \$1'450.000

Costo de despido:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
\$ 316.583	\$ 633.167	\$ 949.750	\$1.266.333	\$1.582.917	\$1.899.500	\$2.216.083	\$2.532.667	\$2.849.250	\$3.165.833	\$3.482.417	\$3.799.000

En la Tabla 21 se observa el número de trabajadores contratados y despedidos acorde a la demanda pronosticada. En la siguiente Gráfica 11 se puede ver la variación de la mano de obra de acuerdo con la alternativa de caza.

Gráfica 11. Variación mano de obra Plan agregado. Alternativa caza.



Fuente: Autor del proyecto 2016

En la Gráfica 11 se observan las variaciones de la fuerza laboral, se empieza con un gran número de trabajadores lo que lleva a despedir 4 trabajadores. En febrero y marzo se contrata uno más, en abril se despide un trabajador. En el mes de junio y julio se contratan de a un trabajador por mes, en Agosto se despide 1 trabajador y con esta cantidad de trabajadores se continúa hasta diciembre.

En total se contratan 4 trabajadores y se despiden 6 trabajadores en todo el año.

Tabla 22. Plan agregado Alternativa nivelación mano de obra - Química

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTALES
Plan necesidades producción	47072	56616	67224	58642	57762	60666	69766	63420	64220	63961	62930	69678	741957
días productivos	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
producción regular	63015,51739	58950,00014	63015,51739	60982,75877	63015,51739	60982,75877	63015,51739	63015,51739	60982,75877	63015,51739	60982,75877	63015,51739	
producción horas extras													
subcontratación													
Horas M.O. regular	2016,496557	1886,400005	2016,496557	1951,448281	2016,496557	1951,448281	2016,496557	2016,496557	1951,448281	2016,496557	1951,448281	2016,496557	
mano de obra M.O.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
coste M.O. regular	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$16.731.578	\$200.778.937
variación mano de obra	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
coste contrataciones y despidos	\$ 4.748.652,37	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.748.652,37
horas Extras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas Subcontratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
coste subcontratación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Costo Horas Extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
inventario final	15944	2334	-4208	2341	5254	317	-6750	-404	-3238	-946	-1947	-6663	
coste posesión y retraso	\$0	\$0	\$56.695	\$0	\$0	\$0	\$90.942	\$5.446	\$43.619	\$12.738	\$26.236	\$89.763	\$325.439
Coste M.O. ociosa													
Coste Total	\$ 21.480.230	\$ 16.731.578	\$ 16.788.273	\$ 16.731.578	\$ 16.731.578	\$ 16.731.578	\$ 16.822.520	\$ 16.737.024	\$ 16.775.197	\$ 16.744.316	\$ 16.757.814	\$ 16.821.341	\$ 205.853.029

Fuente: Autor del proyecto 2016

Trabajadores fijos: 3

Trabajadores compartidos: 8

Jornada laboral: 8 horas

Capacidad máxima diaria de muestras: $741,957 / 360 = 2,032$

Tiempo por unidad / Horas: 0,032 hr

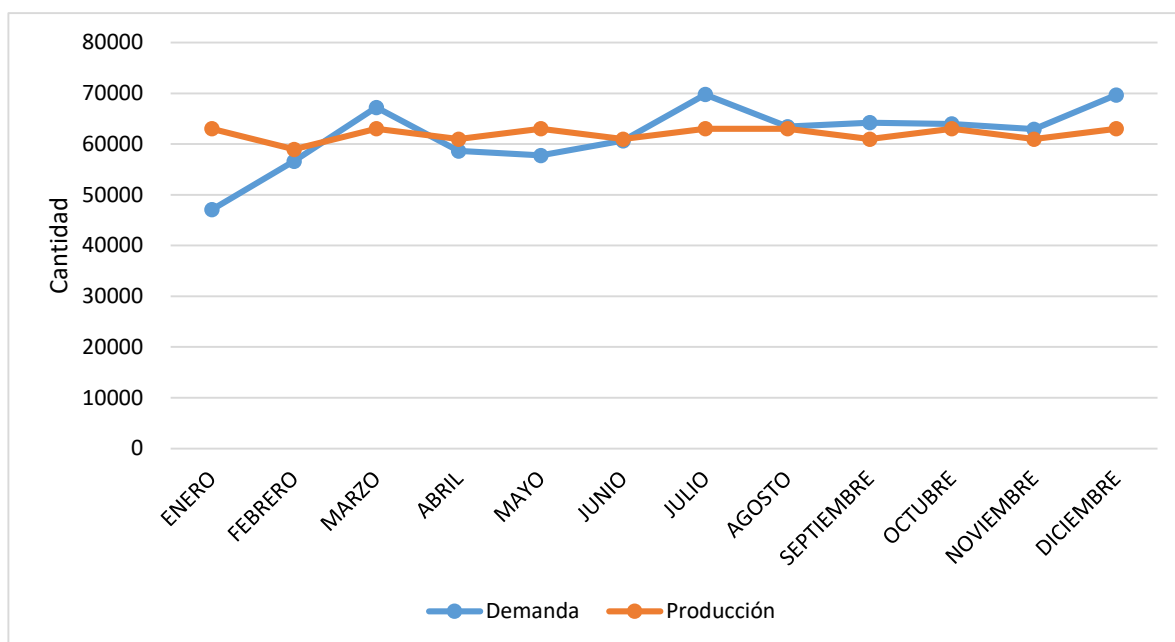
Costo de contratación: \$ 500.000

Salario: \$1'450.000

Costo de despido:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
\$ 316.583	\$ 633.167	\$ 949.750	\$1.266.333	\$1.582.917	\$1.899.500	\$2.216.083	\$2.532.667	\$2.849.250	\$3.165.833	\$3.482.417	\$3.799.000

Gráfica 12. Nivelación de la mano de obra – Química



Fuente: Autor del proyecto 2016

En la Tabla 22 y la Gráfica 12 se puede observar la demanda y las unidades producidas para una estrategia de nivelar la mano de obra. En ellas siempre se utiliza la misma fuerza laboral en todos los periodos. Se evidencia que esta estrategia tiene un menor costo, al inicio se tienen que despedir 2 trabajadores, y así continuar todo el resto del año con 9 trabajadores. El costo de inventario se le da de acuerdo con el consumo de energía por parte de los cuartos fríos, ya que las muestras perduran un tiempo en dichas instalaciones.

Tabla 23. Plan agregado. Alternativa de Caza mejorada - Química

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTALES
Plan necesidades producción	47072	56616	67224	58642	57762	60666	69766	63420	64220	63961	62930	69678	
días productivos	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
producción regular	62000	58000	62000	60000	62000	60000	69750	69750	67500	69750	67500	69750	
producción horas extras													
subcontratación													
Horas M.O. regular	1984	1856	1984	1920	1984	1920	2232	2232	2160	2232	2160	2232	
mano de obra M.O.	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	
coste M.O. regular	\$ 16.461.943	\$ 16.461.943	\$ 16.461.943	\$ 16.461.943	\$ 16.461.943	\$ 16.461.943	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 209.889.771
variación mano de obra	-3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
coste contrataciones y despidos	\$ 7.122.978,55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 7.622.979
horas Extras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Horas Subcontratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
coste subcontratación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Costo Horas Extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
inventario final	14928	1384	-5224	1358	4238	-666	-16	6330	3280	5789	4570	72	
coste posesión y retraso	\$0	\$0	\$70.376	\$0	\$0	\$8.973	\$215	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$ 79.565
Coste M.O. ociosa													
Coste Total	\$ 23.584.921	\$ 16.461.943	\$ 16.532.319	\$ 16.461.943	\$ 16.461.943	\$ 16.470.916	\$ 19.019.901	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 18.519.686	\$ 217.592.314

Fuente: Autor del proyecto 2016

Trabajadores fijos: 3

Trabajadores compartidos: 8

Jornada laboral: 8 horas

Fuerza laboral -> $(63,76 / 8 = 7,9)$ - $(68,51 / 8 = 8,6)$ Tiempo por unidad / Horas: 0,032 hr

Costo de contratación: \$ 500.000

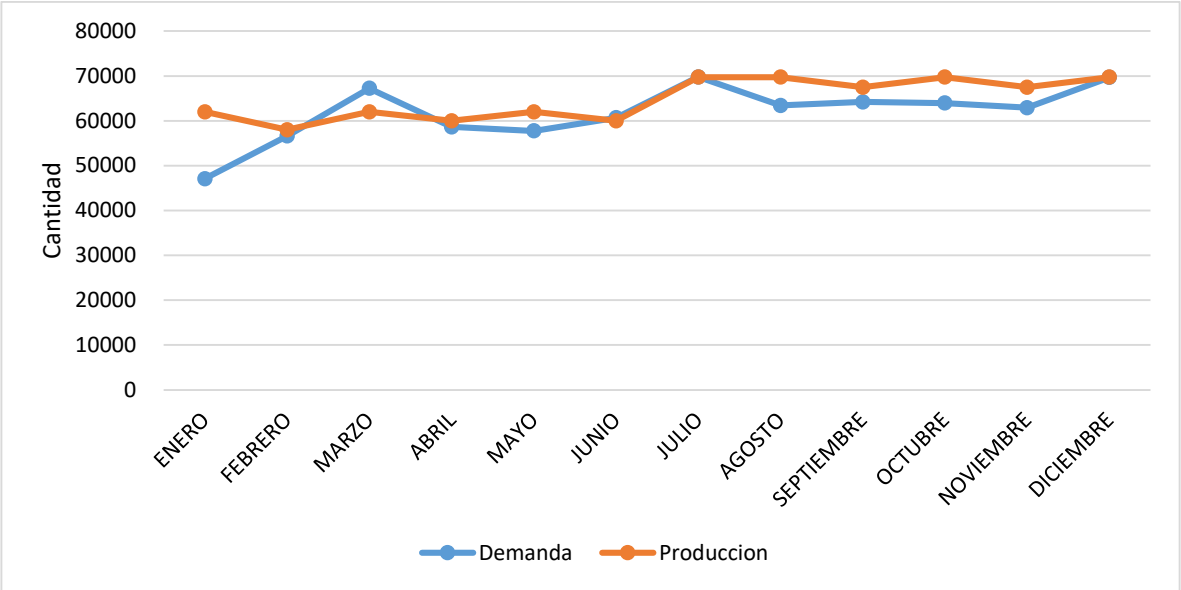
Salario: \$1'450.000

Costo de despido:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
\$ 316.583	\$ 633.167	\$ 949.750	\$1.266.333	\$1.582.917	\$1.899.500	\$2.216.083	\$2.532.667	\$2.849.250	\$3.165.833	\$3.482.417	\$3.799.000

En la Tabla 23 se realiza una mejora a la alternativa 1, donde el horizonte de planeación se divide en dos grandes franjas, y dentro de cada una de ellas, se administra una fuerza laboral constante de acuerdo al comportamiento de la demanda (ver Gráfica 13). Esta alternativa también considera el coste de posesión.

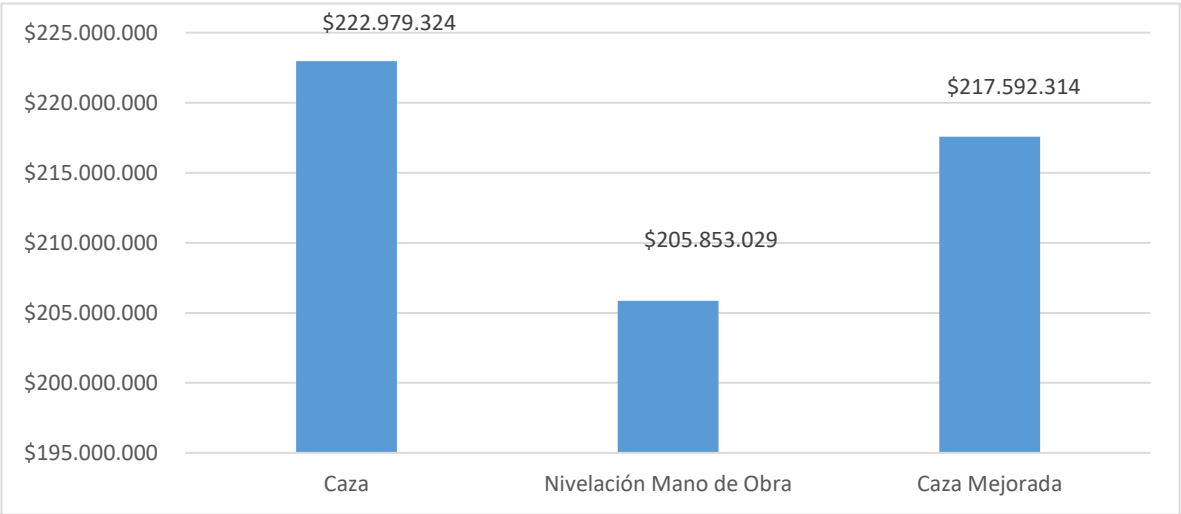
Gráfica 13. Plan agregado Alternativa de Caza mejorada - Química



Fuente: Autor del proyecto 2016

Después de analizar las tres alternativas, a continuación, se comparan los costos para poder determinar cuál es la mejor estrategia como se puede observar en la Gráfica 14.

Gráfica 14. Comparativo de costos por cada alternativa



Fuente: Autor del proyecto 2016

Como se evidencia en la

Gráfica 14 los resultados de las diferentes alternativas de planeación; la alternativa de nivelación de mano de obra es la que representa un costo más bajo, ya que la mano de obra es constante y no se despide ningún trabajador a lo largo del año, aunque se tiene un costo de posesión o retraso por mantener las muestras en la nevera por un tiempo determinado.

Por tal razón, el plan agregado que se utilizará en el estudio corresponde al de la Tabla 22. Plan agregado Alternativa nivelación mano de obra - Química, página 108.

2.6 PROGRAMACIÓN

La programación de las órdenes en el Laboratorio Clínico de Idime S.A. no es clara, no cuenta con un orden de trabajo definido para el procesamiento de las muestras. La programación consiste en determinar el orden de las corridas de trabajo y asignar una máquina que pueda usarse para realizar cada actividad. En ese orden de ideas también se usa como calendario en las actividades, para aprovechar o asignar ciertos recursos (Duarte, 2016).

Las reglas de secuenciación determinan medidas de desempeño en un proceso productivo, tales como el *makespan* o el uso promedio de cada máquina. Las principales reglas pueden ser consultadas en la Tabla 24.

Tabla 24. Reglas secuenciación

Sigla	Definición	Concepto
FCFS	<i>First Come – First Served</i>	Primero en entrar, primero en ser procesado
SPT	<i>Shortest Processing Time</i>	Tiempo más corto de procesamiento
EDD	<i>Earliest Due Date</i>	Fecha más próxima de entrega
LPT	<i>Longest Processing Time</i>	Tiempo más largo de procesamiento
STR	<i>Slack Time Remaining</i>	Tiempo de holgura restante
CR	<i>Critical Ratio</i>	Holgura restante para entrega / Tiempo restante de finalización
LCFS	<i>Last Come First Served</i>	Último en entrar, primero en ser procesado

En la programación se utilizará Legin, que es un software educacional utilizado en programación de la producción desarrollado por Michael Pinedo, entre otros; este software tiene una limitación en números de órdenes con un máximo de 50.

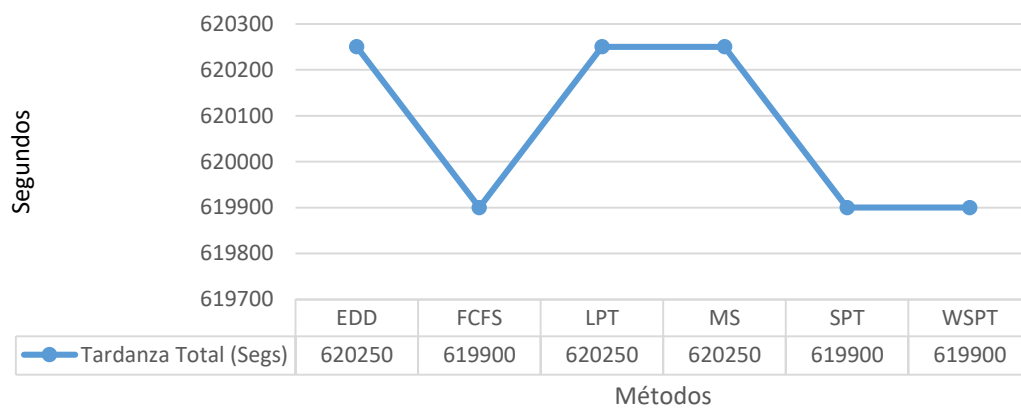
Para escoger la regla de programación a usar, se utilizaron 50 tipos de órdenes de forma aleatoria, se ingresaron al software Legin, y se obtuvieron los siguientes resultados, ver Tabla 25.

Tabla 25. Resultados Secuenciación

					ΣU_f	ΣC_f	ΣT_f	$\Sigma w_j c_j$	$\Sigma w_j T_j$
	schedule	time	Cmax	Tmax		Tiempo flujo total (Segs)	Tardanza Total (Segs)	Tiempo flujo ponderado (Segs)	Tardanza total Ponderada (Segs)
EARLY DUE DATE	EDD	1	14817	14757	50	623250	620250	623250	620250
FIRSTCOME FIRSTSERVIC	FCFS	1	14810	14750	50	622900	619900	622900	619900
LONGPROCESSTIME	LPT	1	14817	14757	50	623250	620250	623250	620250
Disminución mínima. Una variación de EDD	MS	1	14817	14757	50	623250	620250	623250	620250
SHORTPROCESSTIME	SPT	1	14810	14750	50	622900	619900	622900	619900
PONDERADO	WSPT	1	14810	14750	50	622900	619900	622900	619900
SHORTPROCESSTIME	WSPT	1	14810	14750	50	622900	619900	622900	619900

Fuente: Autor del proyecto 2016

Gráfica 15. Resultados Secuenciación

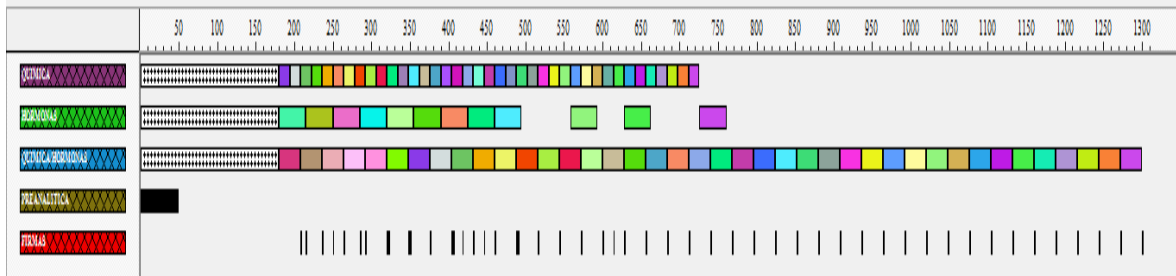


Fuente: Autor del proyecto 2016

De acuerdo con la información suministrada por la empresa, y después de realizar la secuenciación, se observa que las mejores reglas de procesamiento son “*First Come – First service*” y “*Short Process Time*”. Ello se fundamenta en los resultados de la variable Tardanza máxima, la cual tiene en cuenta el tiempo de flujo total, tardanza total, tiempo flujo ponderado y tardanza total ponderada (ver Gráfica 15).

En la Gráfica 16 se observa la programación de las órdenes de producción. En la parte izquierda se tienen las áreas de procesamiento, la parte punteada hace referencia a las horas de mantenimiento de las máquinas que se tuvieron en cuenta y los colores son las diferentes órdenes que se usaron para el ejercicio.

Gráfica 16. Programación First come – First service



Fuente: El autor basado en el software Legin 2016

El método seleccionado es el “FCFS”, esto implica la instalación del software Legin que es gratuito, teniendo en cuenta su limitación de órdenes. También se debe considerar la capacitación al personal que haga uso del software, o la contratación de una persona que tenga conocimiento; se deberá usar un tablero de control en el cual se podrá visualizar el funcionamiento de la herramienta y por último implementar una medida de desempeño como el makespan o la tardanza máxima.

Teniendo en cuenta estas reglas de secuenciación se procede a realizar un modelo de simulación discreta y poder hacer la representación dinámica del sistema de procesamiento del laboratorio clínico actual y unas alternativas para mejorarlo.

2.7 CONTROL DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Los planes de mejora determinados en la compañía tienen origen en las oportunidades de mejora que se identifican en los distintos indicadores que se establecen para el proceso, los cuales son considerados fuentes de oportunidad y que son actividades de control que se realizan en el procesamiento.

Para formar estrategias de control en los procesos, se evalúan y plantean unos indicadores como mecanismo de control atado a unos planes de acción de acuerdo a los resultados.

Se establecen indicadores que permitan recoger la suficiente información para tomar las respectivas decisiones por parte del área de producción o procesamiento.

Un indicador de eficiencia teniendo en cuenta que el principal objetivo es el cumplimiento a los usuarios, partiendo de esto el indicador mide el tiempo en que se procesan una cantidad de muestras, el indicador mide desde el momento que ingresa al proceso o se genera la orden hasta el momento en que el resultado de los exámenes está listo para ser entregado el cual no puede ser mayor a 1 día o 24 horas (ver Fórmula 3).

Otro indicador evalúa el porcentaje de exámenes entregados en el tiempo establecido sobre el total de exámenes realizados en las áreas a fin del laboratorio clínico (ver Fórmula 4).

En las siguientes Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28 se pueden evidenciar los indicadores que ayudan al control del procesamiento.

Fórmula 3. Lead time promedio

$$\text{Lead time promedio} = \frac{\Sigma \text{ tiempo transcurrido entre la fecha que ingresa al proceso o se genera la orden y la entrega del resultado}}{\text{cantidad de muestras o exámenes}}$$

Fórmula 4. Porcentaje de resultados entregados oportunamente

$$\text{Porcentaje de oportunidad} = \frac{\text{Cantidad de exámenes entregados oportunamente}}{\text{cantidad total de exámenes}}$$

Tabla 26. Indicadores para el control del proceso

Nombre del indicador	Descripción	Objetivo	Algoritmo	Periodicidad	Unidades de las variables	Unidades del indicador
Lead time Promedio.	Mide el promedio de oportunidad de entrega de los resultados de una cantidad determinada.	Evaluar el tiempo promedio de procesamiento de los exámenes o muestras.	(Sumatoria del tiempo transcurrido entre el momento que ingresa al proceso o se genera la orden y la entrega del resultado) / (cantidad de muestras o exámenes realizados)	Mensual	Días y cantidad	Días

Nombre del indicador	Descripción	Objetivo	Algoritmo	Periodicidad	Unidades de las variables	Unidades del indicador
Porcentaje de resultados entregados oportunamente	Mide el porcentaje de exámenes terminados en el tiempo establecido	Evaluar la cantidad de exámenes realizados en el tiempo establecido.	$\frac{\text{(cantidad de exámenes menores a 1 día)}}{\text{(cantidad de exámenes totales)}} \times 100$	Mensual	Cantidad	Porcentaje

Fuente: El autor del proyecto 2016

Tabla 27. Ficha técnica indicador Lead time promedio

INDICADORES LABORATORIO CLINICO

1. IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR			
Nombre	Lead time promedio	Código	
Finalidad	Control		
Tipo de meta	días	Meta	1 día
Rangos	Menor o igual	0	
	Mayor o igual	1	
Subproceso	Exámenes Química		
Descripción	Mide el promedio de oportunidad de entrega de los resultados de una cantidad determinada.		
Formula de calculo	(Sumatoria del tiempo transcurrido entre el momento que ingresa al proceso o se genera la orden y la entrega del resultado) / (cantidad de muestras o exámenes realizados)		
Observaciones			
Fuente primaria	LIS del laboratorio		
2. PROCESOS			
Subproceso			
3. RESPONSABLES			
Operativo	Ingeniero o coordinador de proceso		
Análisis	Ingeniero o coordinador de proceso		
Facilitador	area de programación		
4. MEDICIÓN			
Unidad de medida	Días	Frecuencia	Mensual
5. COMPOSICIÓN			
Variables	Nombre	Unidad	Descripción
	Fecha del momento que ingresa al proceso o se genera la orden	Días	
	Cantidad de exámenes realizados	Cantidad	
Fórmula	(Sumatoria del tiempo transcurrido entre la facturación y la entrega del resultado) / (cantidad de muestras o exámenes realizados)		

Fuente: El autor del proyecto 2016

Tabla 28. Ficha técnica Porcentaje de resultados entregados oportunamente

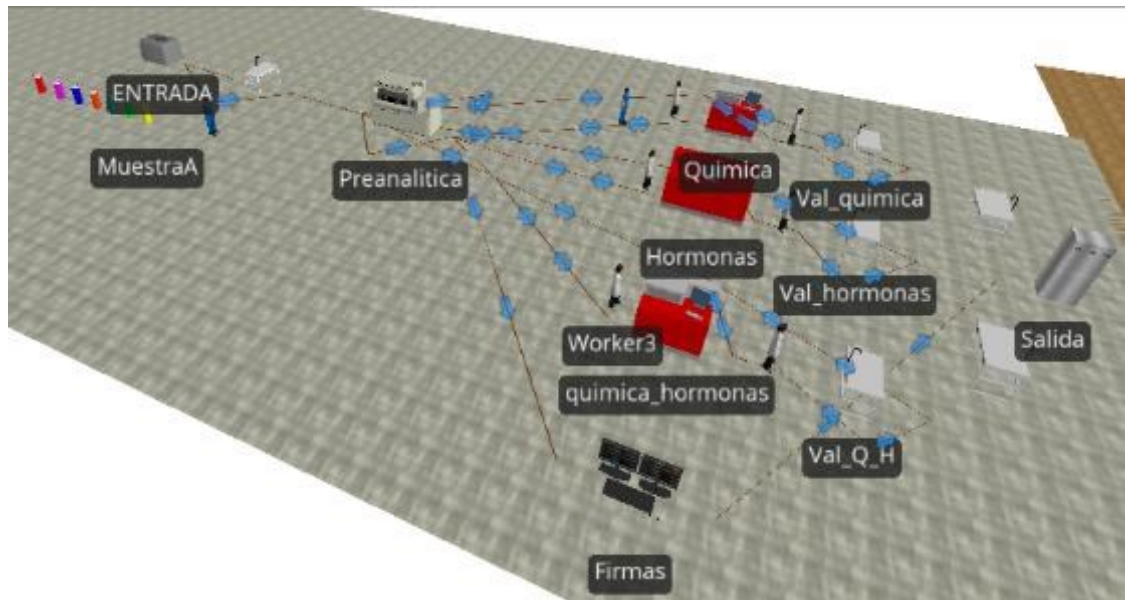
1. IDENTIFICACIÓN DEL INDICADOR			
Nombre	Porcentaje de resultados entregados oportunamente	Código	
Finalidad	Control		
Tipo de meta	Porcentaje	Meta	80%
Rangos	Mayor o igual	80%	
	Menor o igual	79%	
Subproceso	Exámenes Química		
Descripción	Mide el porcentaje de exámenes terminados en el tiempo establecido		
Formula de calculo	(cantidad de exámenes menores a 1 día) / (cantidad de exámenes totales) x 100		
Observaciones			
Fuente primaria	LIS del laboratorio		
2. PROCESOS			
Subproceso			
3. RESPONSABLES			
Operativo	Ingeniero o coordinador de proceso		
Análisis	Ingeniero o coordinador de proceso		
Facilitador	area de programación		
4. MEDICIÓN			
Unidad de medida	Porcentaje	Frecuencia	Mensual
5. COMPOSICIÓN			
Variables	Nombre	Unidad	Descripción
	Cantidad de exámenes menores a 1 día	Cantidad	
	Cantidad de exámenes realizados	Cantidad	
Fórmula	(cantidad de exámenes menores a 1 día) / (cantidad de exámenes totales) x 100		

Fuente: El autor del proyecto 2016

2.8 SIMULACIÓN ACTUAL

Para realizar la simulación del sistema actual, se construye la organización del laboratorio clínico sobre un modelo en el software Simio, como se evidencia en la Figura 7 donde no se tienen en cuenta las distancias que en realidad recorre el producto y los trabajadores, y se reemplazan con el tiempo de transporte y su respectivo procesamiento.

Figura 7. Esquema laboratorio clínico Central Actual (Rutina)



Fuente: Autor del proyecto 2016.

2.8.1 Variables. Para poder desarrollar el sistema, la variable de entrada importante es la cantidad de unidades que se procesan por área.

Se tomaron diferentes tiempos en cada proceso y se hallaron las distribuciones para estos como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29. Variables del proceso

Variables	Definición	Distribución
Llegada Muestras	Es el número de muestras que llegan al sistema en un tiempo determinado	Poisson (1,10 ; 0,09)
Preanalítica 1	Tiempo que de tarda en la fase Preanalítica	Normal (22,3; 4,1) por 100 muestras
Preanalítica 2	Tiempo que de tarda en la fase Preanalítica	Normal (9,98; 1,96) por 100 muestras

Variables	Definición	Distribución
Transporte equipo distribuidor	Tiempo que tarda el trabajador en llevar las muestras al equipo	Normal (1,65; 0,367) por 100 muestras
Marcación Muestras	Tiempo que toma el trabajador en Marcar las muestras	Normal (48,4; 9,84) por 100 muestras
Transporte recolección	Tiempo que tarda el trabajador en recoger las muestras del clasificador Química	Normal (2,93; 0,501) por 100 muestras
Transporte recolección	Tiempo que tarda el trabajador en recoger las muestras del clasificador Hormonas	Normal (3,08; 0,509) por 100 muestras
Transporte recolección	Tiempo que tarda el trabajador en recoger las muestras del clasificador Química - Hormonas	Normal (3,18; 0,52) por 100 muestras
Preparación de muestras	Tiempo que demora el trabajador preparando la muestra para meter al equipo de Química	Exponencial (2,4; 0,92) por 100 muestras
Preparación de muestras	Tiempo que demora el trabajador preparando la muestra para meter al equipo de Hormonas	Normal (1,67; 0,23) por 100 muestras
Preparación de muestras	Tiempo que demora el trabajador preparando la muestra para meter al equipo Química - Hormonas	Normal (8,43; 1,94) por 100 muestras
Procesamiento química	Tiempo que tarda el equipo de Química en el proceso	Normal (29,6; 0,91) por 100 muestras
Procesamiento Hormonas	Tiempo que tarda el equipo de Hormonas en el proceso	LOGNORMAL (24; 2,76; 0,471) por 100 muestras
Procesamiento Química - Hormonas	Tiempo que tarda el equipo de Química - Hormonas en el proceso	Normal (39,7; 2,41) por 100 muestras
Recoge muestras para validar Química	Tiempo que tarda el trabajador en ir a recoger las muestras	Normal (0,65; 0,157) por 100 muestras
Recoge muestras para validar Hormonas	Tiempo que tarda el trabajador en ir a recoger las muestras	Normal (0,54; 0,15) por 100 muestras
Recoge muestras para validar Química - Hormonas	Tiempo que tarda el trabajador en ir a recoger las muestras	Normal (1,7; 0,41) por 100 muestras
Validación Química	Tiempo que tarda el trabajador validar los resultados	Normal (19,9 ; 5,01) por 100 muestras

Variables	Definición	Distribución
Validación Hormonas	Tiempo que tarda el trabajador validar los resultados	Normal (16 ; 3,52) por 100 muestras
Validación Química - hormonas	Tiempo que tarda el trabajador validar los resultados	Normal (21,2 ; 5) por 100 muestras
Firmas	Tiempo que tarda el trabajador en Revisar los exámenes y colocar su firma	Normal (158; 35,3) X 100 muestras

Fuente: Autor del proyecto 2016

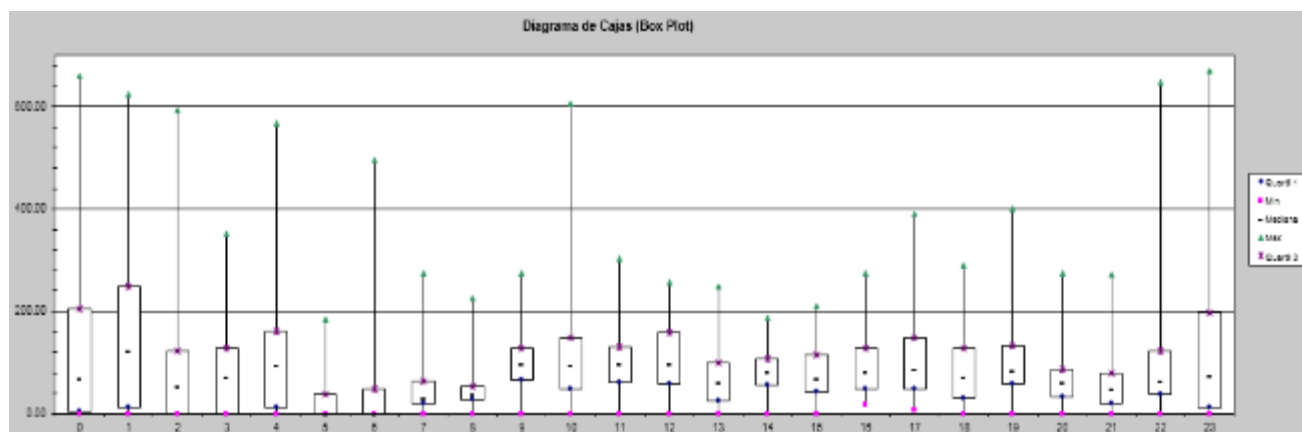
Para poder establecer la distribución de la variable cantidad de lotes que llegan en una (1) hora, se analizaron los siguientes datos (ver Tabla 30).

Tabla 30. Arribos de lotes de muestras por hora

DATOS y Cálculos Estadísticos												
Estadísticos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quartil 1	0.05	0.14	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.20	0.27	0.67	0.49	0.61
Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mediana	0.68	1.23	0.54	0.70	0.94	0.00	0.00	0.30	0.39	0.97	0.94	0.97
Max	6.60	6.23	5.94	3.52	5.66	1.84	4.95	2.76	2.26	2.75	6.06	3.03
Quartil 3	2.06	2.49	1.22	1.29	1.62	0.37	0.49	0.64	0.53	1.28	1.48	1.30
Estadísticos	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Quartil 1	0.58	0.25	0.55	0.42	0.47	0.48	0.32	0.58	0.34	0.20	0.39	0.13
Min	0.00	0.00	0.00	0.00	17.20	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mediana	0.97	0.61	0.82	0.68	0.81	0.86	0.71	0.85	0.60	0.47	0.64	0.75
Max	2.57	2.49	1.86	2.09	2.75	3.89	2.90	4.01	2.76	2.72	6.48	6.69
Quartil 3	1.60	1.00	1.08	1.16	1.29	1.50	1.27	1.33	0.88	0.78	1.23	1.97

Fuente: Autor del proyecto 2016

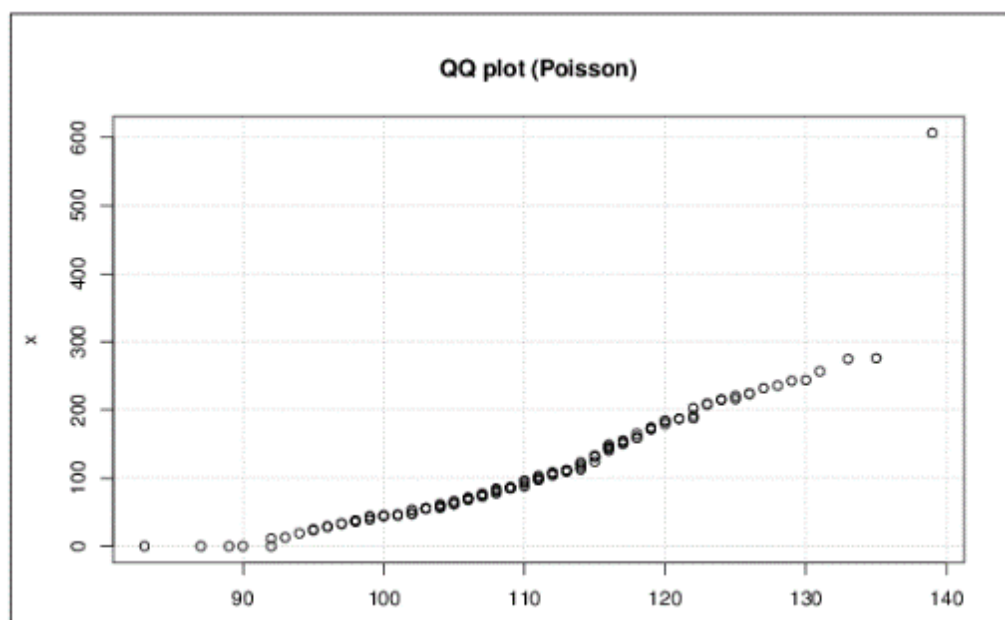
Gráfica 17. Diagrama de cajas y bigotes arribos por hora



Fuente: Autor del proyecto.

En la Gráfica 17 se evidencian las muestras que llegan por hora; estos datos se evalúan con una herramienta web “*Free Statistics and Forecasting Software*” y definiéndolas como una distribución Poisson, obteniendo que los valores suministrados por el área de recepción tiene una función de densidad (1.10, 0.09), como se observa en la siguiente Gráfica 18.

Gráfica 18. Arribos de lotes de muestras

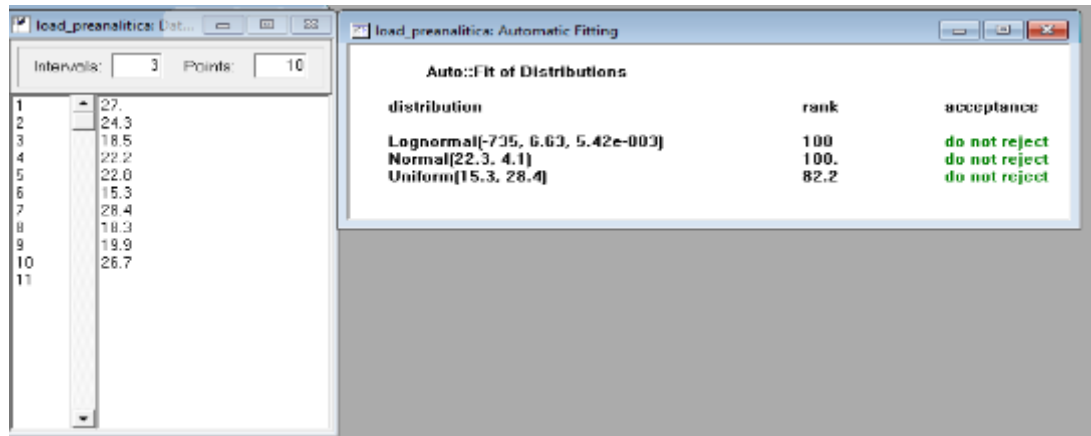


Parameter	Estimated Value	Standard Deviation
lambda	1.10249230769231	0.0920907707600039

Fuente: Autor del proyecto basado http://www.wessa.net/rwasp_fitdistrpoisson.wasp#output

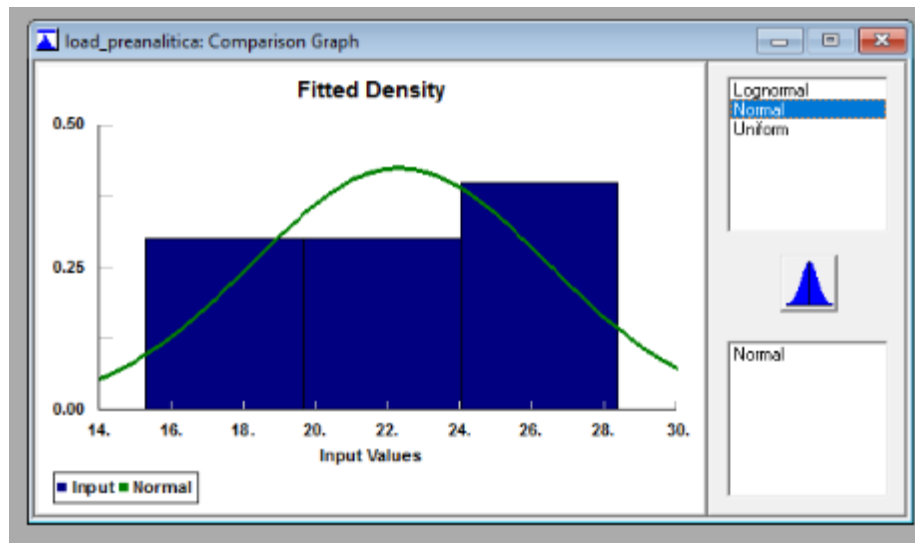
Para cada proceso se obtiene una distribución en la herramienta Stat Fit, y se definen de acuerdo a los valores que arroje, en este caso para la fase preanalítica1 se ajusta una distribución Normal con una función de densidad (22.3, 4.1) como se puede observar en la Figura 8 y Gráfica 19.

Figura 8. Stat Fit Proceso preanalítica 1



Fuente: Autor del proyecto basado en el software Promodel – Stat Fit

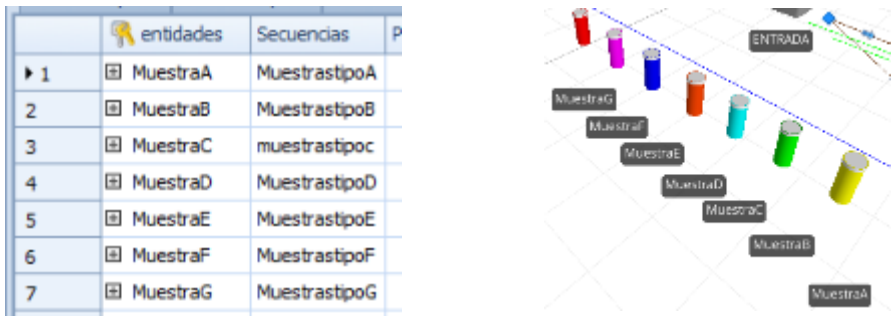
Gráfica 19. Stat Fit Proceso preanalítica 1



Fuente: Autor del proyecto basado en el software Promodel – Stat Fit

2.8.2 Entidades. Una entidad es un tipo de agente que tiene un comportamiento particular (Goldemberg, 2011). Pueden seguir un flujo de trabajo en un sistema, tienen la capacidad de utilizar una red para moverse entre objetos, pueden visitar, entrar salir de las ubicaciones por medio de los nodos; también la capacidad de ser recogidas llevadas y entregadas por elementos de transporte (ver Figura 9).

Figura 9. Entidades del sistema



Fuente: Autor del proyecto basado en la información del software SIMIO.

2.8.3 Rutas (Paths). Las rutas o *paths* son utilizadas para transferir una entidad entre nodos en un tiempo cero. La única propiedad que tiene es el peso en una ruta (ver Figura 10).

Figura 10. Paths del sistema

Object Name	Data Source	Category
Path0	[Travelers]	FlowTime
Path0	[Travelers]	FlowTime
Path1	[Travelers]	FlowTime
Path2	[Travelers]	FlowTime
Path5	[Travelers]	FlowTime
Path6	[Travelers]	FlowTime
Path7	[Travelers]	FlowTime
Path8	[Travelers]	FlowTime
Path9	[Travelers]	FlowTime
Path2	[Travelers]	FlowTime
Path3	[Travelers]	FlowTime
Path4	[Travelers]	FlowTime
Path5	[Travelers]	FlowTime
Path6	[Travelers]	FlowTime
Path7	[Travelers]	FlowTime
Path8	[Travelers]	FlowTime
Path9	[Travelers]	FlowTime

Fuente: Autor del proyecto basado en la información del software SIMIO.

Existen también *timepaths* que se usan para transferir una entidad entre dos nodos con un tiempo específico. También puede tener una capacidad de viaje, y una regla de entrada para controlar el orden en que las entidades entran en la vía (ver Figura 11).

Figura 11. Time Paths del sistema

Object Name	Data Source	Category	Value
TimePath1	[Flow10]	FlowTime	0,00802
TimePath10	[Flow15]	FlowTime	0,00507
TimePath11	[Flow15]	FlowTime	0,00519
TimePath3	[Flow14]	FlowTime	0,00686
TimePath4	[Flow14]	FlowTime	0,00666
TimePath5	[Flow14]	FlowTime	0,01667
TimePath6	[Flow15]	FlowTime	0,00621
TimePath7	[Flow15]	FlowTime	0,00708
TimePath8	[Flow15]	FlowTime	0,00671
TimePath9	[Flow15]	FlowTime	0,00611

Fuente: Autor del proyecto basado en la información del software SIMIO

2.8.4 Trabajadores (Workers). En la librería de Simio se encuentra que un Worker consiste en un recurso móvil el cual puede ser recogido y llevado por otros objetos tanto para realizar tareas secundarias como de transporte entre nodos (ver Figura 12).

Figura 12. Trabajadores del sistema

Object Name	Data Source	Category
Worker1[1]	RideStation	Throughput
Worker1_1[1]	RideStation	Throughput
Worker2[1]	RideStation	Throughput
Worker2_1[1]	RideStation	Throughput
Worker3[1]	RideStation	Throughput
Worker3_1[1]	RideStation	Throughput
Worker4[1]	RideStation	Throughput

Fuente: Autor del proyecto basado en la información del software SIMIO

2.8.5 Servidores (Server). Los servidores están modelados por tres estaciones: *Inputbuffer*, *Processing* y *Outputbuffer*. *Inputbuffer* es el nodo de entrada, procede a través del *processing* y espera en el *outputbuffer* para poder fluir a través del nodo de salida a los siguientes servidores de la red (ver Figura 13).

Figura 13. Servidores del sistema

Object Name	Data Source	Category
Firmas	[Resource]	ResourceState
Hormonas	[Resource]	ResourceState
Pre_analitica1	[Resource]	ResourceState
Preanalitica	[Resource]	ResourceState
Quimica	[Resource]	ResourceState
quimica_hormonas	[Resource]	ResourceState
Val_hormonas	[Resource]	ResourceState
Val_Q_H	[Resource]	ResourceState
Val_quimica	[Resource]	ResourceState

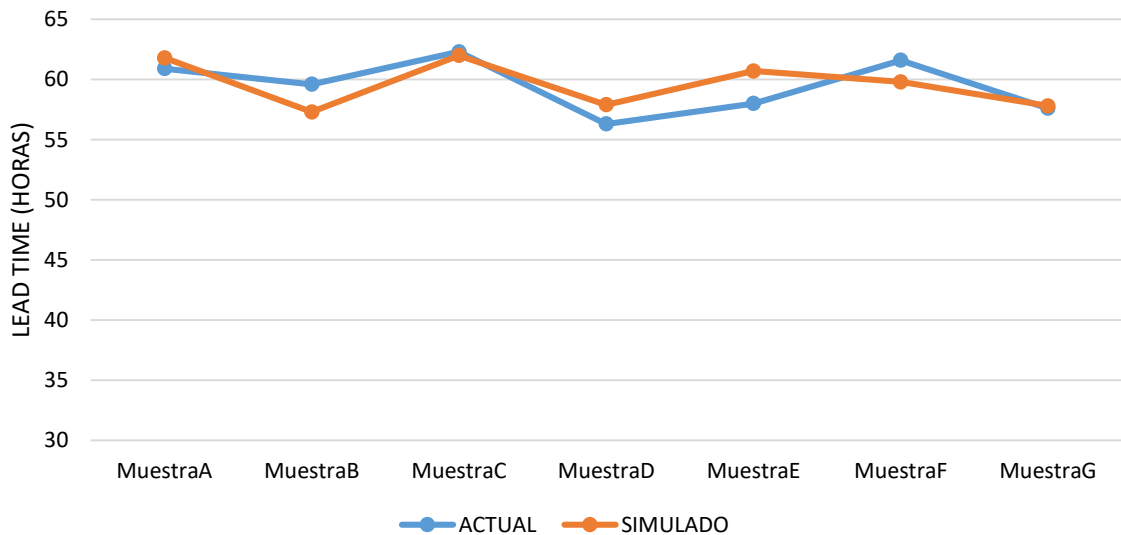
Fuente: Autor del proyecto basado en la información del software SIMIO.

2.9 VALIDACIÓN DEL MODELO

El objetivo de esta etapa consiste en determinar la coherencia de los resultados de la simulación con la realidad. Para esto se hace correr la simulación de un mes, y así poder comparar las unidades procesadas contra los datos históricos por área, y también contrastar el lead time de la simulación contra el lead time actual.

Los resultados de las 30 corridas por tipo de muestra de la simulación se pueden ver en la Gráfica 20.

Gráfica 20. Resultados 30 corridas de la simulación Vs el historico por tipo de muestra (Lead time)



Fuente: Autor del proyecto 2016

A continuación, se desarrolla un análisis de prueba de hipótesis para demostrar que las unidades procesadas por lotes de 100 muestras son significativamente iguales entre el histórico y los datos simulados. Para esto se utilizará una prueba de hipótesis de medias.

Se consideran las siguientes variables.

μ = Media Simulada

μ_0 = Media Histórica

σ = Desviación estándar

n = Tamaño de la muestra

Hipótesis nula: H_0 : media histórica = media simulada

Hipótesis alterna: H_a : media histórica es distinta de la media simulada.

Para efectos del proyecto se tendrán los siguientes datos Tabla 31.

Tabla 31. Datos de la hipótesis unidades producidas (mes)

	μ_0	μ	σ
Química	618	623	29,5
Hormonas	249,9	246	23,3
Química - Hormonas	569	571,7	26,9

Fuente: Autor del proyecto

Se hicieron tres pruebas de hipótesis en cada una de las áreas del laboratorio clínico tratadas en el proyecto como se observa en los siguientes datos

2.9.1 Prueba de hipótesis en el área “Química”

En este caso $\alpha = 0.05$ por ende el valor critico es $Z_{0.025} = 1,96$ entonces

Con los datos anteriores se obtiene a continuación:

$$Z = \frac{618,7 - 623}{\frac{29,5}{\sqrt{35}}} = -0,96$$

En este caso $\alpha = 0.05$ por ende el valor critico es $Z_{-0.025} = -1,96$ entonces se concluye que $Z_{+0.025} > Z > Z_{-0.025}$.

Por lo tanto, se aprueba la hipótesis nula de igualdad de medias.

2.9.2 Prueba de hipótesis en el área de “Hormonas”

En este caso $\alpha = 0.05$ por ende el valor critico es $Z_{0.025} = 1,96$ entonces

Con los datos anteriores se obtiene a continuación:

$$Z = \frac{249,9 - 246}{\frac{23,3}{\sqrt{35}}} = 0,98$$

En este caso $\alpha = 0.05$ por ende el valor critico es $Z_{0.025} = 1,96$ entonces se concluye que $Z_{-0.025} < Z < Z_{0.025}$

Por lo tanto, se aprueba la hipótesis nula de igualdad de medias.

2.9.3 Prueba de hipótesis para el área de “Química – Hormonas”

En este caso $\alpha = 0.05$ por ende el valor critico es $Z_{-0.025} = -1,96$ entonces

Con los datos anteriores se obtiene a continuación:

$$Z = \frac{569 - 571,7}{\frac{26,9}{\sqrt{35}}} = -0,59$$

En este caso $\alpha = 0.05$ por ende el valor critico es $Z_{-0.025} = -1,96$ entonces se concluye que $Z_{+0.025} > Z > Z_{-0.025}$.

Por ende, se deduce que hay suficiente certeza estadística, ya que no existe diferencia significativa entre el número de lotes producidos por mes obtenidos de la simulación y los datos históricos.

2.9.4 Prueba de hipótesis para el Lead time (Tiempo de procesamiento). A continuación, se desarrolló la prueba de hipótesis para demostrar que el tiempo promedio en el sistema por tipo de muestra son iguales entre lo observado en el

tiempo de procesamiento y los datos simulados (lead time). Los datos se evidencian en la Tabla 32.

Tabla 32. Datos de la hipótesis para el lead time (tipo de muestra)

TIPO DE MUESTRA	μ_0	μ	σ
A	60,9	61,8	15,1
B	59,6	57,3	13,1
C	62,3	62	23,4
D	56,3	57,9	16,4
E	58	60,7	14,1
F	61,6	59,8	19,7
G	57,6	57,8	16,0

Fuente: Autor del proyecto

Aplicando la siguiente fórmula para todos los tipos de muestras

$$Z = \frac{\mu_0 - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{\eta}}}$$

μ = Media Simulada

μ_0 = Media Histórica

σ = Desviación estándar

η = Tamaño de la muestra

Se obtienen los siguientes resultados (ver Tabla 33).

Tabla 33. Resultados prueba hipótesis tipos de muestra

TIPO DE MUESTRA	Z
A	0,35
B	-1,03
C	-0,075
D	0,5
E	1,1
F	-0,53
G	0,07

Fuente: Autor del proyecto 2016

Los intervalos de aceptación son $Z_{-0.025} = -1,96$ y $Z_{0.025} = 1,96$, donde se concluye que $Z < Z_{0.025}$ y también que $Z > Z_{-0.025}$

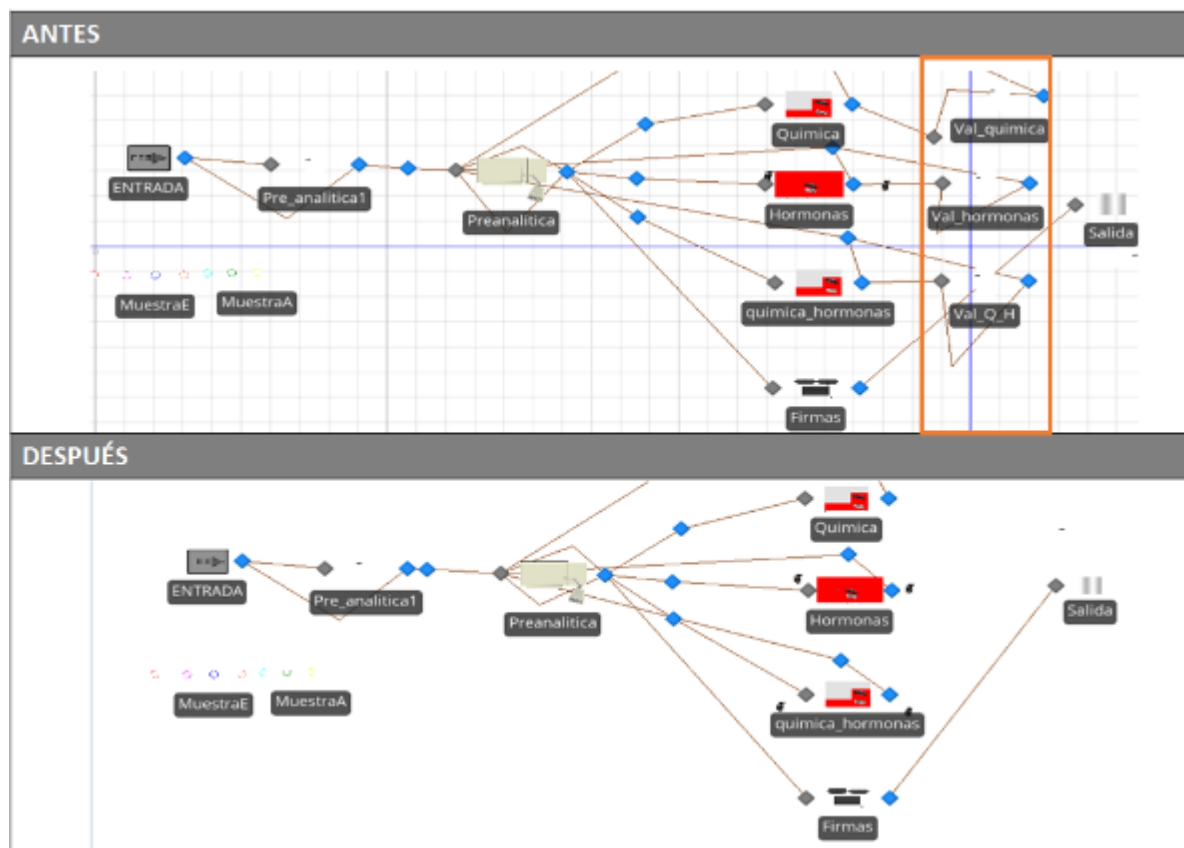
De lo anterior se infiere que hay suficiente certeza estadística, ya que no existe diferencia significativa entre el lead time para cada tipo de muestra obtenido de la simulación y los datos históricos.

2.9.5 Escenarios de Mejoramiento Posibles. Teniendo el modelo actual y la información arrojada por el mismo, se plantearon 2 diferentes escenarios (ver Figura 14 y Figura 15), los cuales se identificaron como los más prometedores y viables para el proceso. Las dos propuestas buscan reducir el lead time y aumentar la producción.

2.9.6 Propuesta 1 Eliminación de la validación

En este primer escenario se elimina el proceso de validación (ver figura 14).

Figura 14. Esquema laboratorio clínico Central Sin validación (Rutina)



Fuente: Autor del proyecto 2016

Finalizado el mes de producción se encuentran los resultados evidenciados en la Tabla 34 y Tabla 35.

Tabla 34. Resultados del lead time en el sistema por tipo de muestra

ENTIDADES	PROMEDIO	MAX	MIN
MuestraA	54,1	87,5	28,9
MuestraB	52,2	99,7	22,1
MuestraC	56,0	100,1	27,2
MuestraD	51,5	88,2	26,4
MuestraE	54,2	81,5	28,8
MuestraF	52,9	82,2	17,3
MuestraG	52,2	78,3	28,4

Fuente: El Autor del proyecto 2016

Tabla 35. Resultados unidades terminadas por área

AREAS	PROMEDIO	MAX	MIN
Hormonas	242	290,0	210,0
Química	611	657,0	553,0
quimica_hormonas	560	618,0	502,0

Fuente: El Autor del proyecto 2016

La propuesta anterior muestra mejoría en los tiempos de procesamiento como se puede ver en la Tabla 36.

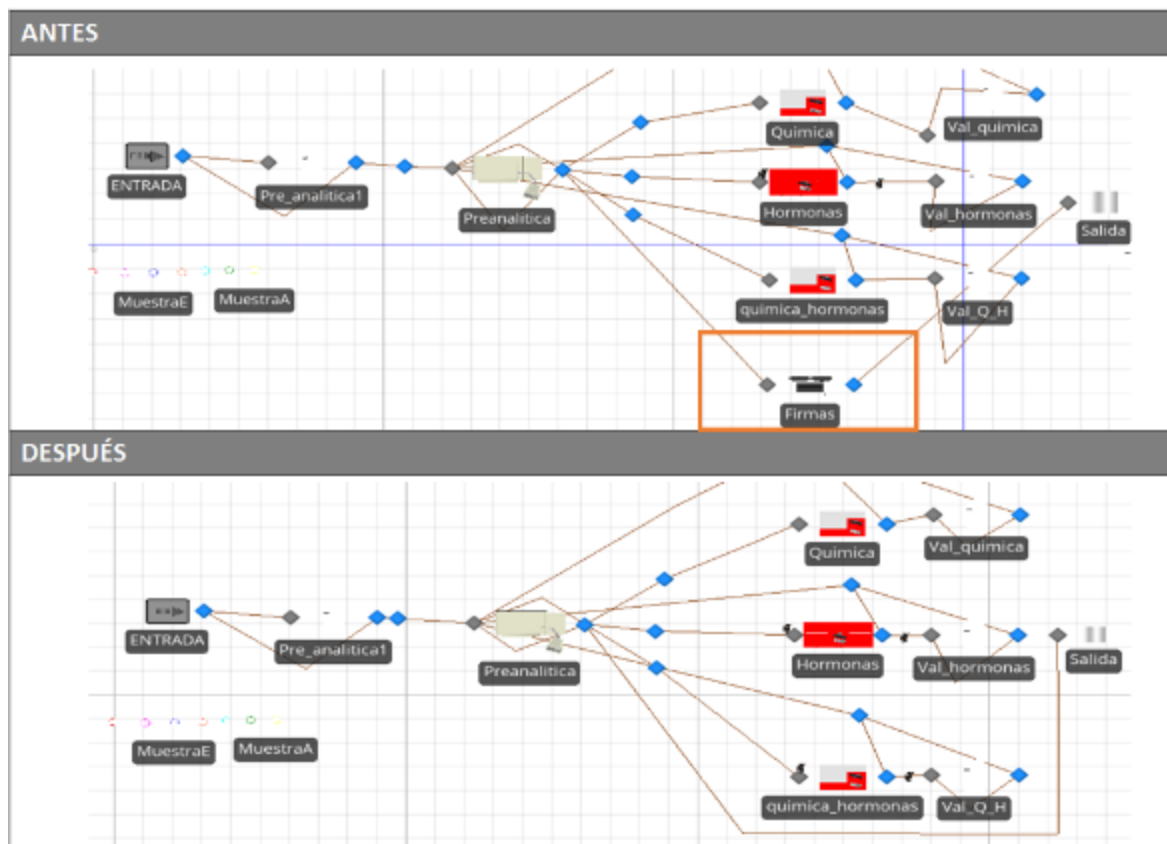
Tabla 36. Reducción de tiempos de la propuesta (%)

Entidades	Reducción Tiempo
MuestraA	14%
MuestraB	10%
MuestraC	11%
MuestraD	12%
MuestraE	12%
MuestraF	13%
MuestraG	11%

Fuente: El Autor del proyecto 2016

2.9.7 Propuesta 2 Eliminación de la firma. Este segundo escenario busca la eliminación de la operación de firma, ya que consiste en un reproceso (ver figura 15).

Figura 15. Esquema laboratorio clínico Central Sin Firma (Rutina)



Fuente: El Autor del proyecto 2016

Esta propuesta brinda los resultados que se observan en la Tabla 37 y Tabla 38

Tabla 37. Resultados tiempo promedio en el sistema por tipo de muestra

ENTIDADES	PROMEDIO	MAX	MIN
MuestraA	8,7	21,2	3,0
MuestraB	3,0	7,0	0,9
MuestraC	4,1	9,3	1,9
MuestraD	3,5	8,0	1,0
MuestraE	8,0	24,5	2,1
MuestraF	5,7	16,5	2,0
MuestraG	3,9	10,9	0,9

Fuente: El Autor del proyecto 2016

Tabla 38. Resultados unidades terminadas por área

AREA	PROMEDIO	MAX	MIN
Hormonas	247	291	209
Química	620	694	554
quimica_hormonas	566	618	504

Fuente: El Autor del proyecto 2016

La anterior propuesta muestra una gran mejoría en los tiempos de procesamiento como se puede ver en la Tabla 39.

Tabla 39. Reducción de tiempos de la propuesta (%)

Entidades	Reducción Tiempo
MuestraA	86%
MuestraB	95%
MuestraC	93%
MuestraD	94%
MuestraE	87%
MuestraF	90%
MuestraG	93%

Fuente: El Autor del proyecto 2016

Con los datos anteriores se obtiene que con la propuesta 1 se reduce el lead time en un promedio de 12% y con la propuesta 2 se reduce en un promedio de 91%, por lo que se acepta la propuesta 2 sin importar el costo en el cual se incurra para su implementación.

2.10 EVALUACIÓN FINANCIERA

A continuación, se realiza la evaluación financiera de la propuesta 2 que es la que más reduce el lead time, ya que es el objetivo de la gerencia. Esta evaluación busca establecer la factibilidad económica del proyecto, expuesto en cantidades monetarias las propuestas enunciadas en este proyecto. Se muestran los costos de implementación en los cuales incurre la compañía.

2.10.1 Flujo de caja. Es un informe financiero que presenta al detalle el flujo de los ingresos y egresos que tendría la compañía en un periodo determinado. Para

determinar el flujo de caja de los diferentes periodos es necesario hacer referencia a los siguientes datos:

- Basado en datos históricos la empresa proyecta una demanda de mano de obra estable.
- Un aumento en la inflación de 6,7%.
- Los precios de los salarios se mantendrán durante el año según datos históricos.

En la Tabla 40 se pueden observar los costos de implementación del sistema.

Tabla 40. Costos de la implementación

Descripción	Horas	\$/hora	Total
Software Validación		\$ 100.000.000	\$ 100.000.000
Capacitación Firmas	12	\$ 16.000	\$ 192.000
Despido personal	4	\$ 3.800.000	\$ 15.200.000
Total			\$ 115.392.000

Fuente: Autor del proyecto 2017

De acuerdo con el departamento de comercial y atención al usuario, en la Tabla 41 se tienen los costos de no calidad en promedio al mes, costo por pérdida de clientes o usuarios, costo por quejas en atención al usuario y el costo por quejas de cada dueño de proceso.

Tabla 41. Costos de no calidad

Descripción	Cantidad de pacientes / Mes	Costo por unidad	Total
Pérdida de clientes o usuarios	100	\$ 105.000	\$ 10.500.000
Costo de quejas (atención al usuario)	90	\$ 5.000	\$ 225.000
Costo de quejas (dueño de proceso)	90	\$ 9.000	\$ 405.000
Total			\$ 11.139.000

Fuente: Autor del proyecto 2017

En la Tabla 42 se observa la diferencia entre el costo de mano de obra (datos suministrados por la empresa) propuesto sacado del plan agregado de producción y los costos actuales de la compañía. También se tienen en cuenta algunos costos de no calidad, por lo cual con esta mejora se reducirán tanto las quejas como los clientes perdidos generando la utilidad por periodo.

Tabla 42. Costos operativos del proyecto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Costo mano de obra actual	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000	\$ 15.950.000
Costo mano de obra propuesto	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000	\$ 10.150.000
Pérdida de clientes o usuarios	\$ 8.610.000	\$ 9.450.000	\$ 8.820.000	\$ 7.980.000	\$ 8.820.000	\$ 7.875.000	\$ 8.295.000	\$ 7.875.000	\$ 9.030.000	\$ 9.345.000	\$ 8.820.000	\$ 9.240.000
Costo de quejas (atención al usuario)	\$ 184.500	\$ 202.500	\$ 189.000	\$ 171.000	\$ 189.000	\$ 168.750	\$ 177.750	\$ 168.750	\$ 193.500	\$ 200.250	\$ 189.000	\$ 198.000
Costo de quejas (dueño de proceso)	\$ 332.100	\$ 364.500	\$ 340.200	\$ 307.800	\$ 340.200	\$ 303.750	\$ 319.950	\$ 303.750	\$ 348.300	\$ 360.450	\$ 340.200	\$ 356.400
Reducción costos Operativos	\$ 14.926.600	\$ 15.817.000	\$ 15.149.200	\$ 14.258.800	\$ 15.149.200	\$ 14.147.500	\$ 14.592.700	\$ 14.147.500	\$ 15.371.800	\$ 15.705.700	\$ 15.149.200	\$ 15.594.400

Fuente: Autor del proyecto 2017

En la siguiente Tabla 43 se identifican los flujos de caja correspondientes al año 1; El flujo para el mes 0 es el resultado de la Tabla 40 y los siguientes meses una reducción de los costos operativos como se evidencia en la Tabla 42.

Tabla 43. Flujo de caja

MES	FLUJO DE CAJA
0	-\$ 115.392.000
ENERO	\$ 14.926.600
FEBRERO	\$ 15.817.000
MARZO	\$ 15.149.200
ABRIL	\$ 14.258.800
MAYO	\$ 15.149.200
JUNIO	\$ 14.147.500
JULIO	\$ 14.592.700
AGOSTO	\$ 14.147.500
SEPTIEMBRE	\$ 15.371.800
OCTUBRE	\$ 15.705.700
NOVIEMBRE	\$ 15.149.200
DICIEMBRE	\$ 15.594.400
TOTAL (Reducción de costos operativos)	\$ 180.009.600

Fuente: Autor del proyecto 2017

Valor presente neto Enero = $((\$ 14,926,600)/(1+0,067)^1$	\$ 13.989.315,84
Valor presente neto Febrero = $((\$ 15,817,600)/(1+0,067)^2$	\$ 13.892.975,69
Valor presente neto Marzo = $((\$ 15,149,600)/(1+0,067)^3$	\$ 12.470.861,07
Valor presente neto Abril = $((\$ 14,258,800)/(1+0,067)^4$	\$ 11.000.826,11
Valor presente neto Enero = $((\$ 15,149,200)/(1+0,067)^5$	\$ 10.953.870,50
Valor presente neto Enero = $((\$ 14,147,500)/(1+0,067)^6$	\$ 9.587.230,88
Valor presente neto Enero = $((\$ 14,592,700)/(1+0,067)^7$	\$ 9.267.972,11
Valor presente neto Enero = $((\$ 14,147,500)/(1+0,067)^8$	\$ 8.421.013,18
Valor presente neto Enero = $((\$ 15,371,800)/(1+0,067)^9$	\$ 8.575.213,67
Valor presente neto Enero = $((\$ 15,705,700)/(1+0,067)^{10}$	\$ 8.211.322,39
Valor presente neto Enero = $((\$ 15,149,200)/(1+0,067)^{11}$	\$ 7.423.027,77
Valor presente neto Enero = $((\$ 15,594,400)/(1+0,067)^{12}$	\$ 7.161.362,15

VPN TOTAL = \$ 120.954.991 - \$ 115.390.000

VPN = \$ 5.564.991

TIR = 7,6%

Con base en los datos obtenidos del VPN, se puede evidenciar que el proyecto es factible de acuerdo con los ingresos que se producen y que estos superan la inversión inicial.

Apoyados en el método TIR, el proyecto se debe implementar de acuerdo con que la tasa interna de retorno del mismo es superior a la tasa de descuento.

Este proyecto tiene como base realizar mejoras al proceso del laboratorio clínico bajo herramientas de la ingeniería, por ende, el valor de la inversión recomendada es baja, ya que la empresa hace mejoras importantes en sus máquinas, equipo e instalaciones a lo largo de estos años; motivo por el cual los indicadores del VPN y TIR son relativamente altos.

CONCLUSIONES

- La finalidad de la compañía del proyecto fue preparar al laboratorio clínico para enfrentarse competitivamente al sector al cual pertenece. Este está enmarcado en procesos Job shop donde hay un nivel de incertidumbre a pesar de que sus procesos son automatizados. En el caso específico se encontró un ambiente de prestación de servicio muy similar a un proceso de fabricación que estaba caracterizado como diagnóstico por las siguientes debilidades:
 - Incumplimiento en las entregas de resultados a los clientes.
 - Pérdida de información, ya que no se lleva un histórico sistematizado de la producción total, de los tiempos, de los costos y otras variables que intervienen en los procesos.
 - Errores en la asignación de los recursos tecnológicos y financieros a raíz del desconocimiento de las capacidades teóricas y reales de estos.
 - Extravío de muestras, al omitir algunos procesos establecidos en la ruta.
- Se realizó la caracterización del proceso del laboratorio clínico identificando insumos, actores y medios tecnológicos, es de resaltar que en este tipo de empresas hay una alta demanda y hay una gran diversidad de servicios lo cual genera mucha más complejidad, de tal manera que la caracterización permite una descripción más sencilla de los procesos de la compañía lo que sirve para la implementación de mejoras y a su vez sirve como herramienta de seguimiento y control.
- Para el desarrollo del sistema de planeación, programación y control en la prestación de servicios en el laboratorio clínico, se observa la importancia de la información y de su uso correcto, buen empleo de las herramientas de cálculo y el análisis de estos, permitiendo mejorar la oportunidad en la entrega del resultado y a la mejora continua.
- La compañía no cuenta con análisis de pronósticos, los cuales se establecen para realizar la planeación de la producción. El mejor pronóstico fue el Móvil simple (2) ya que fue el que mejor se acomodó a las variaciones de la demanda de la empresa. Al conocer el comportamiento de los productos o exámenes genera mayor confianza para la gerencia a la hora de tomar decisiones en la planeación.

- No se cuenta con un sistema de planeación determinado, por lo cual se propone usar una planeación agregada debido a que no se sabía que personal es el adecuado para cumplir con las órdenes demandadas. La alternativa de nivelación de mano de obra es la que representa un costo más bajo, ya que la mano de obra es constante y no se despide ningún trabajador a lo largo del año, aunque se tiene un costo de posesión o retraso por mantener las muestras en la nevera por un tiempo determinado.
- Cuando se realizó el diagnóstico se observaron deficiencias porque no se lleva un control de las actividades en el procesamiento de manera adecuada. Para controlar el procesamiento se hace necesario construir indicadores los cuales se deben medir y verificar su estado actual, y así establecer un mejor desempeño para crear metas y dar cumplimiento a estas.
- La empresa no cuenta con un método para programar o secuenciar su procesamiento, por esto se propone usar la herramienta Lekan y así saber con certeza qué modelo deben usar de acuerdo al tipo de órdenes que se tengan. La mejor regla de procesamiento que se encontró es el “First Come – First service”, ello se fundamenta en los resultados de la variable Tardanza máxima, la cual tiene en cuenta el tiempo de flujo total, tardanza total, tiempo flujo ponderado y tardanza total ponderada.
- Se realizó la simulación del sistema actual y se le hizo la respectiva validación tanto de las unidades producidas como del Lead time promedio. Se obtuvo que hay suficiente certeza estadística, ya que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos de la simulación y los datos históricos.
- Con la simulación se pudo observar las alternativas de mejoramiento más viables para el procesamiento. Las dos propuestas buscan reducir el lead time y aumentar la producción, en el primer escenario se elimina el proceso de validación y en la segunda el proceso de firma ya que los dos son un reproceso. La primera solución muestra una reducción del tiempo de alrededor del 12% sin ninguna inversión, la segunda solución expone una reducción del tiempo de alrededor del 90% pero requiere una inversión importante en software, capacitación y modificación de algunos parámetros del LIS del laboratorio.

RECOMENDACIONES

- Se le recomienda a la compañía realizar pronósticos mensualmente, trimestralmente o semestralmente con el fin de detectar las variaciones de la demanda.
- Se debe establecer mejor comunicación con clientes, para poder programar el procesamiento de acuerdo con sus necesidades, y así reducir tiempos de procesamiento, falta de personal, desabastecimiento de insumos, entre otros.
- Los turnos se deben programar de manera eficiente, para reducir tiempos ociosos, horas extra y utilizar mejor las máquinas.
- Es importante que la coordinación evalúe la posibilidad de contar con personal competente para el manejo de estas herramientas ingenieriles que se asocian al manejo de tiempos, al manejo de pronósticos, secuenciación y simulación, ya que al tener esto la compañía mejora su servicio, oportunidad de entrega, aumenta ingresos y a ser más competitivo en su sector.
- Se recomienda mejorar el LIS del laboratorio clínico, ya que fue muy dispendioso obtener la información necesaria para la planeación, programación y el control del procesamiento.
- Con las estrategias de control se puede determinar el estado del proceso para tomar decisiones a corto plazo, y así elaborar oportunidades de mejora que hacen que la compañía pueda cumplir con los tiempos pactados a los clientes o usuarios.
- Se deben crear espacios para realizar la retroalimentación de acuerdo al análisis de los indicadores, lo que facilita la toma de decisiones.
- Revisar la rotación del personal, ya que la curva de aprendizaje afecta los flujos de trabajo y tiempos de operación, lo que puede generar demoras en la entrega del resultado.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, E., & Ebert, R. (1991). *Administración de la producción y de las operaciones*. México D.F.: Prentice Hall.
- Bittel, L., & Ramsey, J. (2000). *Enciclopedia del management*. España: Océano.
- Burnett, D. (1998). *Acreditación del laboratorio clínico*. Barcelona: Reverte S.A.
- Carnicero, J., & Fernández, A. (2012). *Sistemas de información laboratorio clínico*. Pamplona: Sociedad española de la informática de la salud.
- Casas, N. (2014). Teoría de restricciones o cuellos de botella. *Administración*, 1-5.
- Castro, C., & Vélez, M. (2002). Modelo para la selección de un sistema de la programación de la producción . *Programación de la producción*.
- Cedeño Cascade, T. (2008). *Análisis de los tiempos de respuesta del laboratorio clínico*. Costa Rica.
- Collier, D., & Evans, J. (2009). *administración de operaciones bienes, servicios y cadenas de valor*. Cengage Learning.
- Concepto de marco legal*. (2015). Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/75951216/Concepto-de-Marco-Legal#scribd>
- Contabilidad. (octubre de 2015). Actividad Económica. (F. Barrantes, Entrevistador)
- Dominguez Machuca, J. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Dorland. (1998). *Diccionario médico ilustrado de bolsillo*. Madrid: Mac Graw Hill.
- Duarte, E. (2016). *Diplomado gestión de operaciones Secuenciación*. Bogotá.
- Fogarty, D., Blackstone, J., & Hoffman, T. (1997). *Administración de la producción e inventarios*. Compañía editorial continental SA.
- Goldemberg, M. (2011). *Desarrollo de un modelo de sistema de salud mediante lenguaje de simulación*. Concepción.
- Larbáburu Arrizabalaga, N. (2004). *Técnicas máquinas herramientas*. Thomson editores.
- Mazón A., G., & Carnicero, J. (2004). *La gestión de la información en el laboratorio de microbiología clínica*. Pamplona: Sociedad española de informática de la salud.
- Médicos, E. (Febrero de 2016). Equipos laboratorio. (F. Barrantes, Entrevistador)

- Médicos, E. (Febrero de 2016). Mantenimiento de equipos. (F. Barrantes, Entrevistador)
- Morán, L. (2001). *Calidad en el laboratorio clínico*. México.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: Mac Graw Hill.
- Narasimhan, & Mcleavey. (1998). *Planeación y control de la producción*. Mc-Graw Hill.
- O I T. (1998). *Introducción al estudio del trabajo*. Limusa.
- Organización y métodos*. (Octubre de 2014). Obtenido de <http://organizacionymetodos.pbworks.com/f/2p+medicion+del+trabajo>.
- PINZON, M. (2014). (J. BARRANTES, Entrevistador)
- R, S. r. (2010). Sequencing and scheduling of nonuniform flow pattern in parallel hybrid flow shop. En *The international journal of advance manufacturing technology* (págs. 213-225). Springer.
- Riggs, J. (2002). *Sistemas de producción, planeación análisis y control*. Limusa.
- Roberto, H. S., & Carlo, F. C. (2006). *Metodología de la investigación*. Mc graw Hill.
- salud, M. d. (1997). *Manual de técnicas, científicas y administrativas para el laboratorio clínico*. Bogotá.
- Salud, M. d. (1997). *Manual de técnicas, científicas y administrativas para el laboratorio clínico*.
- Sánchez Carrillo, C., & Guerrero Gómez, C. (2003). *Recogida, transporte y procesamiento general de las muestras en el laboratorio*.
- Vázquez, I., & Pérez, A. (1998). *Calidad extra analítica*. Rev diagn Biol.

CIBERGRAFÍA

- COLCAN. (Marzo de 2015). *Nosotros*. Obtenido de <http://www.laboratoriocolcan.com/site1/nosotros.html>
- COMPENSAR. (Marzo de 2015). *Laboratorio Clínico*. Obtenido de <http://www.compensar.com/salud/laboratorio-clinico.aspx>
- DINAMICA. (Marzo de 2015). *Nuestra compañía*. Obtenido de https://www.dinamicaips.com.co/paginas/paginas_Internas/nuestraCompania.aspx,
- IDIME. (2014). *Quiénes somos*. Obtenido de <http://www.idime.com.co/Website/historia-idime/>
- IDIME. (octubre de 2015). *Laboratorio clínico*. Obtenido de <http://www.idime.com.co/Website/portfolio-view/laboratorio-clinico/>
- IDIME. (Octubre de 2015). *misión y visión*. Obtenido de <http://www.idime.com.co/Website/mision-y-vision/>
- IDIME. (Marzo de 2015). *Servicios, Laboratorio clínico*. Obtenido de <http://www.idime.com.co/Website/portfolio-view/laboratorio-clinico/>
- Mejía, C. (Marzo de 2015). *Concepto capacidad instalada*. Obtenido de <http://www.planning.com.co/bd/archivos/Julio2013.pdf>
- MINSALUD. (Septiembre de 2014). <http://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Herramientas-para-el-Mejoramiento-de-la-Calidad-en-la-IPS.aspx>. Obtenido de Herramientas para el mejoramiento de la calidad: <http://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Herramientas-para-el-Mejoramiento-de-la-Calidad-en-la-IPS.aspx>
- Supersalud. (Junio de 2015). *Supersalud*. Obtenido de <http://www.supersalud.gov.co/supersalud/default.aspx?tabid=1182/>
- Urquía Moraleda, A. (octubre de 2014). *Escuela técnica superior de ingeniería informática*. Obtenido de http://www.euclides.dia.uned.es/aurquia/Files/PFC_AlbertoIbanezBrillas.pdf

